

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut Environmentálního inženýrství

**ÚČINNOST MECHANICKO - BIOLOGICKÉHO ČIŠTĚNÍ
ODPADNÍCH VOD - ČOV ZUBŘÍ**

**Efficiency of mechanical - biological waste water treatment – WWTP
Zubří**

Diplomová práce

Autor:

Bc. Petra Glumbíková

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Hana Škrobánková, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petra Glumbíková**
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3904T005 Environmentální inženýrství
Téma: **Účinnost mechanicko-biologického čištění odpadních vod - ČOV Zubří**
Efficiency of mechanical – biological waste water treatment – WWTP
Zubří

Zásady pro vypracování:

1. Úvod cíl práce
2. Technologie ČOV Zubří
 - 2.1. Sledované ukazatele – charakteristika
 - 2.2. Legislativní požadavky
3. Chování sledovaných parametrů v technologii ČOV Zubří
4. Vyhodnocení účinnosti čištění odpadních vod
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

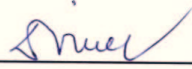
1. Tuček F., Chudoba J., Koniček Z.: Základní procesy a výpočty v technologii vody, SNTL 1988.
2. Hlavínek P., Mičín J., Prax.: Příručka stokování a čištění, NOEL 2000
3. Chudoba J., Dohányos M., Waner J.: Biologické čištění odpadních vod SNTL Praha, 1991
4. Pytl V. a kol.: Příručka provozovatele čistírny odpadních vod, SOVAK ČR, 2004, ISBN

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Hana Škrobánková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 30.04.2013


prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu




prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

- Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

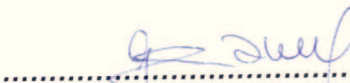
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě, dne 22. 4. 2013


.....
Bc. Petra Glumbíková

Poděkování:

Děkuji paní Ing. Haně Škrobánkové, Ph.D. za odborné vedení a rady při zpracování této diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala zaměstnancům společnosti VaK Vsetín, a.s. za poskytnutí materiálů a informací ohledně ČOV Zubří. V neposlední řadě děkuji své rodině za trpělivost a morální podporu při studiu.

Anotace

Diplomová práce je věnována problematice čištění odpadních vod na ČOV Zubří ve Zlínském kraji. Práce se skládá z teoretické a praktické části. Teoretická část je zaměřena na charakteristiku a složení odpadních vod přitékajících na čistírnu, následně je popsána technologie čištění odpadních vod na ČOV Zubří včetně popisu a funkcí jednotlivých zařízení. Praktická část obsahuje vývoj znečištění z hlediska koncentračního a bilančního vyjádření jednotlivých ukazatelů. V návaznosti na vývoj znečištění je vyhodnocena účinnost čištění odpadních vod za sledované období deseti let a vyhodnoceno zatížení recipientu vypouštěnými čištěnými odpadními vodami.

Klíčová slova: odpadní voda, čistírna odpadních vod, účinnost čištění

Summary

This thesis deals with the issue of wastewater treatment at the plant in the town of Zubří, which lies in the Zlín region. The thesis consists of a theoretical as well as practical part. The theoretical part focuses on the characteristics and composition of wastewater that accumulates at the plant in Zubří. Then, it describes the technology of wastewater treatment at the given plant, including the functions of particular facilities. The practical part addresses the development of water pollution including the concentration and balance of individual indicators. In relation to the development of pollution, the treatment efficiency for the ten-year period as well as the recipient's load of the released polluted wastewater are assessed.

Keywords: wastewater, wastewater treatment plant, treatment efficiency

1	ÚVOD A CÍL PRÁCE.....	1
	TEORETICKÁ ČÁST.....	2
2	CHARAKTERISTIKA ČOV ZUBŘÍ.....	2
2.1	SLOŽENÍ ODPADNÍCH VOD NA ÚZEMÍ	3
2.2	SPLAŠKOVÉ ODPADNÍ VODY	3
2.3	PRŮMYSLOVÉ ODPADNÍ VODY	4
2.4	MĚSTSKÉ ODPADNÍ VODY	5
2.5	ÚDAJE O RECIPIENTU	5
3	TECHNOLOGIE ČOV ZUBŘÍ.....	7
3.1	HRUBÉ PŘEDČIŠTĚNÍ	8
3.1.1	<i>Lapák štěrku.....</i>	8
3.1.2	<i>Budova hrubého předčištění</i>	9
3.1.3	<i>Lapáky písku</i>	9
3.2	MECHANICKÉ ČIŠTĚNÍ OV	10
3.2.1	<i>Usazovací nádrže</i>	10
3.3	BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ OV	12
3.3.1	<i>Aktivační nádrže.....</i>	13
3.3.2	<i>Dosazovací nádrže</i>	16
3.4	KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ	17
3.4.1	<i>Vyhnívací nádrž</i>	17
3.4.2	<i>Uskladňovací nádrž.....</i>	18
3.5	ODSTRAŇOVÁNÍ NUTRIENTŮ	18
3.5.1	<i>Odstraňování dusíku</i>	19
3.5.2	<i>Odstraňování fosforu.....</i>	20
3.6	SLEDOVANÉ UKAZATELE	22
3.6.1	<i>BSK.....</i>	22
3.6.2	<i>CHSK</i>	22
3.6.3	<i>NL</i>	23
3.6.4	<i>N-NH₄⁺</i>	23
3.6.5	<i>N_{celk.}.....</i>	24

3.6.6 $P_{celk.}$	24
3.7 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY	25
3.7.1 <i>Legislativa EU</i>	25
3.7.2 <i>Legislativa ČR</i>	26
4 PRAKTICKÁ ČÁST	29
4.1 CHOVÁNÍ SLEDOVANÝCH PARAMETRŮ	29
4.2 VYHODNOCENÍ ÚČINNOSTI ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	38
4.3 VYHODNOCENÍ A DISKUZE	41
4.4 VLIV ČIŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD NA RECIPIENT.....	42
5 ZÁVĚR.....	50
Seznam použité české literatury.....	51
Seznam použité zahraniční literatury.....	52
Seznam obrázků.....	54
Seznam tabulek.....	55

Seznam použitých zkratk

ČOV	Čistírna odpadních vod
BSK	Biochemická spotřeba kyslíku
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
EO	Ekvivalentní obyvatel
NL	Nerozpuštěné látky
RL	Rozpuštěné látky
OV	Odpadní vody
NEL	Nepolární extrahovatelné látky
AOX	Halogenované organické sloučeniny
VaK Vsetín	Vodovody a Kanalizace Vsetín, a.s.
NV	Nařízení vlády
NEK-RP	Norma environmentální kvality – roční průměr
EU	Evropská unie
ČR	Česká republika
P _{celk.}	Fosfor celkový
N _{celk.}	Dusík celkový
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky

1 Úvod a cíl práce

Znečišťování vody způsobuje škody člověku i ostatním živým organismům závislým na vodě.

Vlivem lidské činnosti se do vodního prostředí dostávají různé látky, které mohou mít znečišťující charakter. Tyto látky mohou být ve vodě rozložitelné, nebo naopak těžko rozložitelné. Nerozložitelné látky se poté stávají součástí rostlinných a živočišných těl, a tímto způsobem se dostávají do celých potravních řetězců. Samočisticí schopnost vody již nestačí na zneškodnění všech látek obsažených ve vodě ovlivněné antropogenní činností. Základem hospodárného využívání vody je její opětovné navrácení do přírody. Proto je nutné v urbanizovaných částech krajiny vodu čistit. V sídelní krajině je svod odpadních vod zajišťován pomocí stokových systémů s vyústěním v čistírně odpadních vod. Vyčištěná odpadní voda je vypouštěná do recipientu, kde způsobuje nejen estetické problémy, ale především vnáší do recipientu organické látky, toxiny, patogenní mikroorganismy a další látky působící negativně na vodní ekosystém. Problémem současné doby je zneškodňování nutrientů - dusíku a fosforu, které v mnoha případech způsobují nežádoucí eutrofizaci vod. Nejefektivnější odstraňování sloučenin dusíku a fosforu z odpadní vody zajišťují čistírny odpadních vod s tzv. „terciálním stupněm čištění“. Tímto stupněm čištění jsou bohužel vybaveny jen moderní čistírny, jejichž výstavba je ekonomicky nákladná.

Cílem této diplomové práce je vyhodnocení účinnosti mechanicko – biologického čištění odpadních vod na čistírně odpadních vod ve městě Zubří ve Zlínském kraji. K tomuto účelu byly použity vzorky odpadních vod na přítoku do ČOV Zubří a vyčištěné vody na odtoku do recipientu Rožnovské Bečvy. Ze vzorků odebíraných nad ČOV Zubří a pod ČOV Zubří bude vyhodnoceno zatížení recipientu.

Teoretická část

2 Charakteristika ČOV Zubří

Čistírna odpadních vod se nachází na pravém břehu toku Rožnovské Bečvy ve městě Zubří v okrese Vsetín. Vlastníkem čistírny je Sdružení obcí mikroregionu Vsetínsko, provozovatelem je společnost Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s. (VaK Vsetín, a.s.). Čistírna odpadních vod Zubří je čistírnou mechanicko - biologickou s anaerobní stabilizací přebytečného kalu s kalovým a plynovým hospodářství. Čistírna je vybavená sekundárním stupněm čištění (odstranění BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, NL) a terciálním stupněm čištění (odstranění $N_{celk.}$ a $P_{celk.}$). ČOV Zubří byla uvedena do provozu v roce 1976 a od té doby prošla třemi rekonstrukcemi. Naposledy v roce 2006, kdy byly rekonstruovány vyhnívací a dosazovací nádrže a byla vybudována kogenerační jednotka. V současné době je kapacita čistírny 47 tis. EO a denně čistí přibližně 7 500 m³ odpadních vod od 30 tis. EO. Úkolem čistírny je čištění odpadních vod z měst Rožnov pod Radhoštěm a Zubří a z obcí Dolní Bečva a Vigantice.



Obrázek 1 - mapa spádové oblasti ČOV (aplikace Google Earth)

2.1 Složení odpadních vod na území

Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách nebo zařízeních, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod (Hlavínek 2006). Odpadní vody se dělí na vody splaškové, průmyslové a městské. Městské odpadní vody jsou směsí splaškových a průmyslových odpadních vod. Nejvýznamnějším ukazatelem pro posuzování kvality městské odpadní vody je ukazatel BSK₅. Průměrná hodnota BSK₅ městských odpadních vod je udávána 150 až 400 mg/l. Hodnoty mimo tuto oblast lze považovat za anomální. Koncentrace CHSK_{Cr} bývají přibližně dvojnásobné. Významnou vlastností odpadní vody je její teplota, neboť tato ovlivňuje rychlost biochemických reakcí. Průměrná roční teplota městských odpadních vod v našich podmínkách se pohybuje od 10°C do 20°C. V průběhu dne není kolísání teploty odpadní vody výrazné, většinou se pohybuje v rozsahu $\pm 1^\circ\text{C}$. Podstatně větší jsou rozdíly mezi teplotou odpadní vody v letních a zimních měsících. Nejvíce klesá teplota odpadní vody při tání sněhu (Malý 2006).

2.2 Splaškové odpadní vody

Jedná se o splaškové odpadní vody z domácností. Tyto odpadní vody jsou v současné době produkovány od přibližně 21 500 obyvatel bydlících na území měst Zubří, Rožnov p. Radhoštěm a obcí Dolní Bečva a Vigantice napojených přímo na stokovou síť. Částečně jsou odpadní vody v určitém počtu případů odváděny i do septiků nebo do bezodtokových akumulárních jímek (žump), případně do malých čistíren odpadních vod. Do kanalizace není dovoleno přímo vypouštět odpadní vody přes septiky ani žumpy (kanalizační řád VaK Vsetín 2006). Průměrně se počítá se specifickou produkcí splaškových vod 95 - 150 litrů na 1 osobu za 1 den. Charakteristické je znečištění organickými látkami vznikajícími jako produkt lidského metabolismu. Značný podíl z látek produkováných jako metabolity člověka připadá na moč. Močovina obsahuje 46,6 % dusíku, který snadno podléhá rozkladu působením enzymu ureázy za tvorby amoniaku. Součástí splaškových vod je spotřebovaná pitná voda obsahující výhradně látky anorganické, jedná se

především o soli – kationty Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ a anionty HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , případně NO_3^- (Malý 2006; Pitter 1999). V tabulce č. 1 je uvedeno orientační složení splaškové odpadní vody uváděné v ČSN 75 6101, které je porovnáno s průměrným složením odpadních vod přitékajících na ČOV Zubří.

Tabulka 1: Orientační složení splaškové odpadní vody dle ČSN 75 6101 (upraveno)

ukazatel	jednotka	hodnota	průměr Zubří
pH		6,5 – 8,5	7,2
NL celkem	mg/l	200 – 700	430
NL usaditelné		73 %	314 mg/l
NL neusaditelné		27 %	116 mg/l
RL	mg/l	600 – 800	
BSK ₅	mg/l	100 – 400	368
CHSK _{Cr}	mg/l	250 – 800	823
N _{celk.}	mg/l	30 – 70	37
N-NH ₄ ⁺	mg/l	20 – 45	22
P _{celk.}	mg/l	5 – 15	7,9

2.3 Průmyslové odpadní vody

Průmyslové odpadní vody jsou dvojího druhu - vody splaškové (ze sociálních zařízení podniků) a vody technologické (z vlastního výrobního procesu). Podniky na sledovaném území vykazují poměrně velkou variabilitu ve výrobních činnostech a sortimentu výroby. Mezi významné producenty průmyslových odpadních vod na území patří soubor průmyslových podniků v bývalém areálu Tesla. Areál má vlastní ČOV, její provoz zajišťuje firma Energoaqua, a.s. Část těchto odpadních vod je dále vedena na ČOV Zubří. V těchto OV se stanovují kromě základních ukazatelů i ukazatele NEL, AOX, As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn, CN⁻, fluoridy. Dalšími významnými producenty odpadních vod jsou Papírny Fassmann s.r.o., textilní průmysl Loana, a.s., areál ČSAD a.s. Odpadní vody průmyslových podniků významně ovlivňují kvalitu a množství odpadních vod ve stokové síti.

2.4 Městské odpadní vody

Městské odpadní vody jsou vody zčásti splaškového charakteru, jejichž kvalita se může přechodně měnit ve značně širokém rozpětí podle momentálního použití vody. Patří sem producenti odpadních vod ze sféry činností služeb, kde dochází i k pravidelné produkci technologických odpadních vod. Jedná se o školy, správní budovy, drobné provozovny, restaurace, pivovar. Tyto městské vybavenosti neovlivňují významně kvalitu odpadních vod ve stokové síti.

Významnou část odpadních vod tvoří vody srážkové. Srážkové vody pocházejí z atmosférických srážek a ze zpevněných ploch se do kanalizace přivádí pomocí uličních a chodníkových vpustí. Srážkové vody po styku s povrchem mohou být znečištěné (prach, písek, volné ropné látky, drobný odpad aj.), a proto je nutné před vypouštěním do recipientu tyto vody čistit (Hlavínek 2006).

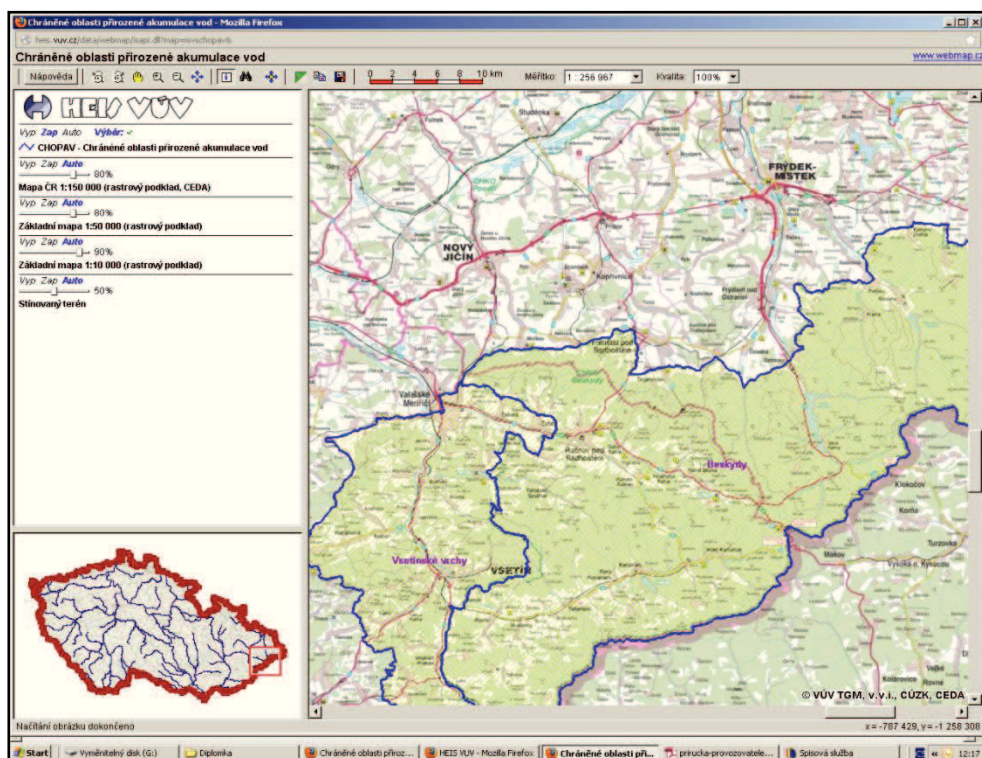
Rozdělení odpadní vody podle kategorií přitékajících na ČOV Zubří v roce 2012 je uvedeno v tabulce č. 2.

Tabulka 2: Kategorie OV přitékajících na ČOV Zubří

Čištěná odpadní voda				
jednotka	srážková	průmyslová a ost.	splašková	celkem
m ³	1 722 154	624 610	677 637	3 024 401
%	56,9	20,7	22,4	100

2.5 Údaje o recipientu

Recipientem vyústění vyčištěných odpadních vod z ČOV Zubří je Rožnovská Bečva. Vyčištěné odpadní vody opouští ČOV u 10,5 říčního km toku. Rožnovská Bečva podle NV č. 40/1978 Sb., o chráněných oblastech přirozené akumulace vod Beskydy spadá do chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV). Podle NV č. 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších živočichů je Rožnovská Bečva zařazena do seznamu lososových vod.



Obrázek 2 - Vymezení CHOPAV (www.heis.vuv.cz)

Název recipientu:	Rožnovská Bečva
Hydrologické pořadí:	4-11-01-014
Identifikační č. vypouštění:	53 18 51
Kategorie podle vyhlášky č.178/2012 Sb.,	Významný vodní tok
Třída čistoty:	II. z (I. – V.)
Zatížení při Q₃₅₅ je uvedeno v tabulce č. 3.	

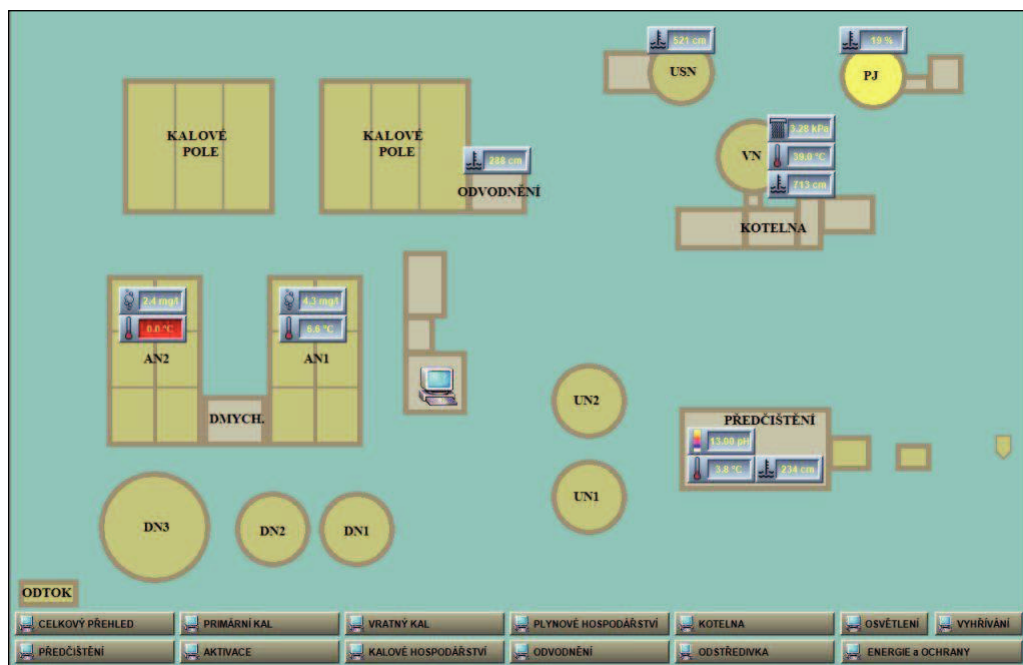
Tabulka 3 Kvalita při **Q₃₅₅**

parametr	jednotka	hodnota
M- denní průtok Q₃₅₅	l/s	231
BSK₅	mg/l	3,2
CHSK_{Cr}	mg/l	16,8
NL	mg/l	44,5
N-NH₄⁺	mg/l	0,15
P_{celk.}	mg/l	0,22

Kvalita vody v toku je často vyjádřena normou environmentální kvality (NEK) podle NV č. 61/2003 Sb., příloha č. 3. NEK je charakterizována jako nejvýše přípustná hodnota ukazatele přípustného znečištění povrchových vod v jednotkách hmotnosti znečištění na jednotku objemu, obvykle se udává v mg/l. NEK – RP je vyjádřením celoroční průměrné hodnoty daného ukazatele. Ovlivnění stavu vody v recipientu Rožnovská Bečva čištěnými odpadními vodami z ČOV Zubří pojednává bod 4.4 této diplomové práce.

3 TECHNOLOGIE ČOV ZUBŘÍ

Technologický proces čištění odpadních vod na ČOV Zubří je rozdělen do tří kategorií, a to na hrubé předčištění, mechanické čištění a biologický stupeň čištění včetně principu odstraňování nutrientů. Součástí technologie čistírny je kalové hospodářství. Na obrázku č. 3 je zobrazeno schéma ČOV Zubří. Přibližně 100 metrů nad čistírnou je vybudována odlehčovací komora, která slouží k zachycení nadbytečné odpadní vody při přívalových deštích. Odtok z odlehčovací komory je veden přímo do recipientu.



Obrázek 3 - Schéma ČOV Zubří (VaK Vsetín, a.s.)

3.1 Hrubé předčištění

Při čištění městských odpadních vod je třeba odstranit především hrubé makroskopické látky, jejichž přítomnost by mohla vést v dalších stupních čištění k mechanickým závadám a zanášení objektů a zařízení čistírny. Jsou to především štěrky, písky, zbytky hygienických potřeb a jiné. Z hlediska technologie čištění se jedná o jednoduché procesy založené na jevech, jako je sedimentace, flotace nebo cezení (Hlavínek 2006).

3.1.1 Lapák štěrku

Odpadní voda přitéká gravitačně sběračem o průměru 800 mm přes vstupní objekt do lapáku štěrku. Lapák štěrku má význam především v období přívalových dešťů. Lapák je proveden jako jímka s opancéřovanými stěnami, na jejímž dně se usazuje štěrky a jiné pevné částice (sedimenty). Vykližení jímky lapače štěrku se provádí několikrát za den drapákem instalovaným nad jímkou. Vykližené usazeniny jsou nakládány do kontejneru a zneškodňovány jako odpad. Odpadní voda je dále vedena přes hrubé česle s průlinami 50 mm a následně čerpána do vstupní čerpací stanice. Odtud je voda vedena třemi čerpadly FLYGT do koryta v budově hrubého předčištění na jemné česle. Každé ze tří čerpadel má svoje nerezové výtlačné potrubí zavedené do žlabu před jemné česle.



Obrázek 4 - Přítok na čistírnu (foto autora)



Obrázek 5 - Hrubé česle (foto autora)

3.1.2 Budova hrubého předčištění

Za vstupní čerpací stanicí je umístěna budova hrubého předčištění, na kterou navazuje železobetonová nádrž – lapáky písku. Provoz hrubého předčištění je plně automatizován. Součástí stavby hrubého předčištění je česlovna, vybavená strojně stíranými česlemi RotoScreen s průlinami 5 mm a šnekovým vynášecím dopravníkem s integrovaným lisem na shrabky. Česle jsou rozděleny na pohyblivé a pevné. Částice, které se zachytí na pevně osazených česlicích, jsou při každé obrátce převodovky zvednuty a poté odstraněny do výpadového prostoru. Písek a odvodněné shrabky jsou shromažďovány ve společném kontejneru. Před česlemi je umístěno měření havarijní hladiny, které signalizuje havarijní stav v případě ucpání česlí. Pokud dojde k poruše strojních česlí nebo dosažení havarijní hladiny před česlemi, je přítok automaticky stavítka odkloněn do žlabu s ručními česlemi.

Shrabky tvoří přibližně 50% hadry, 20 - 30 % papír, 5 - 10 % plasty, 2 % guma a gumové výrobky, 2 - 3 % zbytky ovoce a zeleniny a 2 - 3 % nerozpadlé fekálie. Zbytek je tvořen různými částmi domovního odpadu. Průměrná vlhkost shrabků po jejich odkapání je cca 75 %. Průměrná produkce shrabků se udává u hrubých česlí hodnotou 2 - 3 litry na 1 EO a 5 - 10 litrů na 1 EO u jemných česlí (Bindzar 2009).

3.1.3 Lapáky písku

V lapácích písku se odstraňují suspendované těžké anorganické látky jako písek, úlomky skla, jemná škvára apod. Je třeba je odstranit odděleně od ostatních nerozpuštěných látek organického původu, které se jinak odstraňují v sedimentačních nádržích. Lapáky písku pracují na principu snížení průtočné rychlosti vody. Chudoba 1991 uvádí optimální rychlost průtoku vody 0,3 m/s. V ideálním lapáku písku by se měl zachytit pouze minerální podíl suspenze do velikosti zrn 0,1 až 0,2 mm bez organických příměsí. Množství písku v městských odpadních vodách je velmi různé a závisí na konfiguraci terénu, povrchové úpravě odvodňovaných ploch apod. Pohybuje se v rozmezí 5 - 12 litrů na obyvatele za 1 rok. V deštivém období jsou uvedené hodnoty až 20 - ti násobně překračovány (Bindzar 2009). Na ČOV Zubří je lapák písku proveden jako dvoukomorová

železobetonová nádrž s obslužnou plošinou. V každé komoře je osazeno ponorné čerpadlo, které zajišťuje vyčerpávání zachyceného písku. Lapáky jsou vybaveny provzdušňovacími rošty z nerezové oceli. Těžení směsi vody a písku je zajištěno speciálními ponornými čerpadly (Provozní řád ČOV Zubří).



Obrázek 6 - Jemné česle (foto autora)



Obrázek 7 - Lapák písku (foto autora)

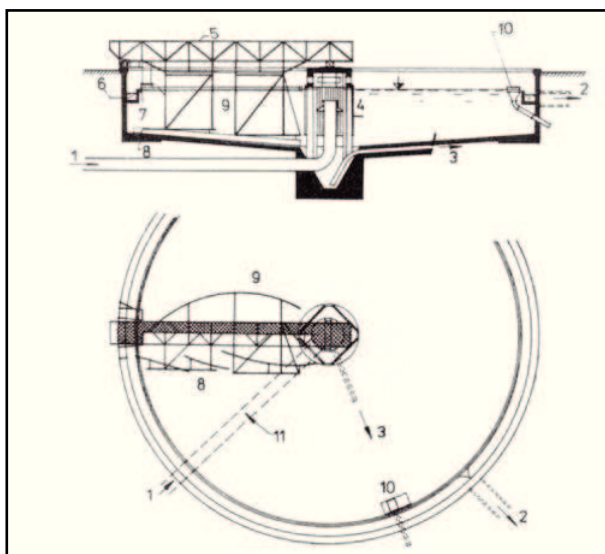
3.2 Mechanické čištění OV

Stěžejním objektem mechanického čištění jsou usazovací nádrže. Usazovací nádrže slouží ke gravitační separaci suspendovaných látek obsažených v odpadní vodě (Hlavínek 2006). Při sedimentačním procesu se musí vyloučit všechny rušivé vlivy, a to především nerovnoměrnost usazovací rychlosti vlivem turbulence. Tato podmínka předpokládá, že v celém usazovacím prostoru je dosažena neměnná průtoková rychlost. Tuto podmínku může narušovat nadměrné hromadění kalu u dna, tření protékající vody o dno nádrže, účinek větru apod. V dobře navržených a provozovaných usazovacích nádržích se zachycuje 40 až 70 % všech suspendovaných látek a hodnota BSK se snižuje o 25 až 40 % (Štícha 1970).

3.2.1 Usazovací nádrže

Odpadní vody z hrubého předčištění přitékají potrubím do usazovacích nádrží přes rozdělovací objekt. Ručním ovládáním za pomoci vřetenových stavítek mohou být odpadní vody rozděleny zvlášť do jednotlivých nádrží. Zároveň je možné provést i odstavení jednotlivých usazovacích nádrží. Na ČOV Zubří se nacházejí 2 kruhové usazovací nádrže o průměru 15 m. Odpadní voda je

přiváděna přes uklidňovací válec do středu nádrží, odkud odtéká do sběrného žlabu opatřeného pilovitou hranou umístěného na obvodu nádrže. V tomto prostoru sedimentují nerozpuštěné částice obsažené v odpadní vodě ke dnu a ve formě kalu jsou stírány shrabovacím zařízením do kalové jámky umístěné ve středu nádrže. Plovoucí látky, např. tuky, jsou stírány z hladiny do šachty. Shrabovací zařízení je umístěno na pojezdovém mostě. Směsný i plovoucí kal je dále zpracován v kalovém hospodářství.



Obrázek 8 - Radiální usazovací nádrž – popis (Kučerová 2011)

1 - přítok, 2 - odtok, 3 - kal, 4 - česle, 5 - pohyblivý most, 6 - sběrný žlab, 7 - ponořená stěna, 8 - shrabovač kalu, 9 - shrabovač plovoucích látek, 10 - šachta pro plovoucí látky, 11 - pohyb mostu



Obrázek 9, 10 - Dosazovací nádrže na ČOV Zubří (VaK Vsetín, a.s.)

3.3 Biologické čištění OV

Biologický způsob čištění odpadních vod je založen na schopnosti mikroorganismů rozkládat organické znečištění ve vodním prostředí. Biologický stupeň čištění odpadní vody na ČOV Zubří je řešen jako aktivace s nitrifikací, regenerací kalu a s předřazeným anoxickým reaktorem pro zajištění zvýšeného biologického odstraňování dusíku. Odstraňování fosforu je podpořeno chemickým způsobem. Princip aktivace spočívá ve vytvoření směsné kultury mikroorganismů, které jsou volně rozptýlené ve vodě a ve větších počtech vázány ve vločkách tvořících tzv. aktivovaný kal (Henze 2008; Říhová Ambrožová 2007). Aktivovaný kal přeměňuje organické sloučeniny v surové vodě na CO_2 , H_2O a NH_3 a dalším zpracováním na dusičnany (Pescod 1992). Mikroorganismy aktivovaného kalu lze obecně rozdělit do dvou hlavních skupin:

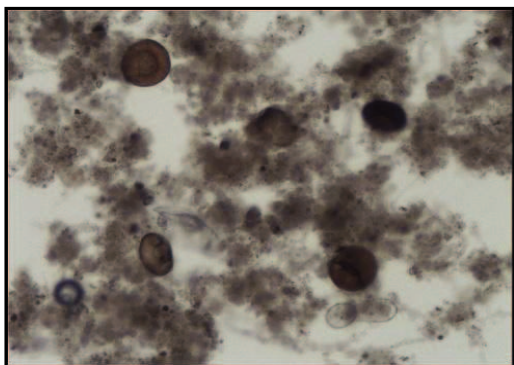
- Destruenti (až 95 % mikroorganismů aktivovaného kalu)

jsou zodpovědní za biochemický rozklad znečišťujících látek v odpadní vodě. Tato skupina je reprezentována hlavně bakteriemi, minoritní součást tvoří např. mikroskopické houby a bezbarvé sinice.

- Konzumenti

využívají bakteriální a jiné mikrobiální buňky jako substrát. V aktivovaném kalu jsou představovány tzv. vyšším osídlením (mikrofaunou). Vyšší osídlení je podle stavu funkční polykultury zastoupeno jednobuněčnými organismy (protozoa) i organismy mnohobuněčnými (metazoa) (Bindzar 2009).

Kvalitativní i kvantitativní složení aktivovaného kalu závisí hlavně na složení substrátu, na němž byl daný kal vypěstován, a na hodnotách technologických parametrů během kultivace, tj. na době zdržení, zatížení a stáří kalu. Aktivovaný kal se liší od většiny čistých kultur mikroorganismů také tím, že je schopen se oddělovat od kapalné fáze prostou sedimentací. Tato jeho vlastnost je nezbytná pro úspěšné biologické čištění (Dohányos 1998; Kučerová 2011).



Obrázek 11 - Kryténky ve vložce AK
(Ambrožová Říhová 2007)



Obrázek 12 - Nálevník rodu *Opercularia*

3.3.1 Aktivační nádrže

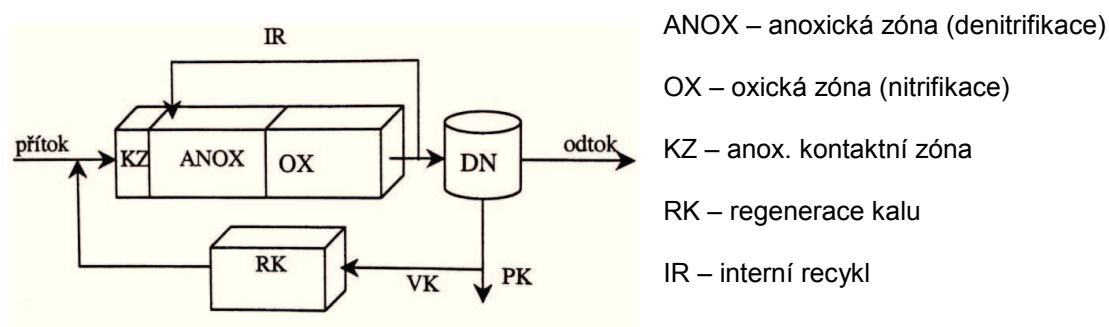
Z usazovacích nádrží je odpadní voda odváděna přes odtokovou jímku napojenou na odtokové potrubí do aktivačních nádrží. Proces aktivace je nejrozšířenějším způsobem biologického čištění odpadních vod. Nejdůležitější technologické parametry aktivace jsou:

- Doba zdražení – poměr objemu nádrže k přítoku odpadní vody
- Objemové zatížení - hmotnostní množství organických látek přivedené do 1 m³ nádrže za 1 den.
- Zatížení kalu – hmotnostní množství organických látek přivedené na 1 kg celkové organické sušiny kalu za den (Dohányos 1998).
- Stáří kalu – podíl hmotnosti sušiny kalu v aktivační nádrži a hmotnosti sušiny kalu odebrané denně jako přebytečný kal, včetně suspendovaných látek unikajících odtokem (Hlavínek 1996).



Obrázek 13, 14 - Pohled na aktivační nádrže (VaK Vsetín, foto autora)

Aktivační směs vzniká smíšením odpadní vody a vratného aktivovaného kalu. Na ČOV Zubří jsou 2 obdélníkové železobetonové aktivační nádrže (AN1, AN2), jejichž vnitřní prostor je přepážkami rozdělen na podélné komory. Hladiny aktivačních nádrží jsou srovnány na stejnou úroveň. Obě linky jsou provozovány jako R-D-N systém (aktivace s předřazenou denitrifikací a regenerací vratného kalu). Během aktivace se množství kalu neustále zvyšuje. Syntetickými pochody se tvoří nová biomasa; část biomasy - tzv. přebytečný kal - se z dosazovací nádrže odvádí mimo proces aktivace k samostatnému zneškodňování. Další část biomasy se vrací zpět do procesu jako tzv. vratný kal (Provozní řád ČOV Zubří).

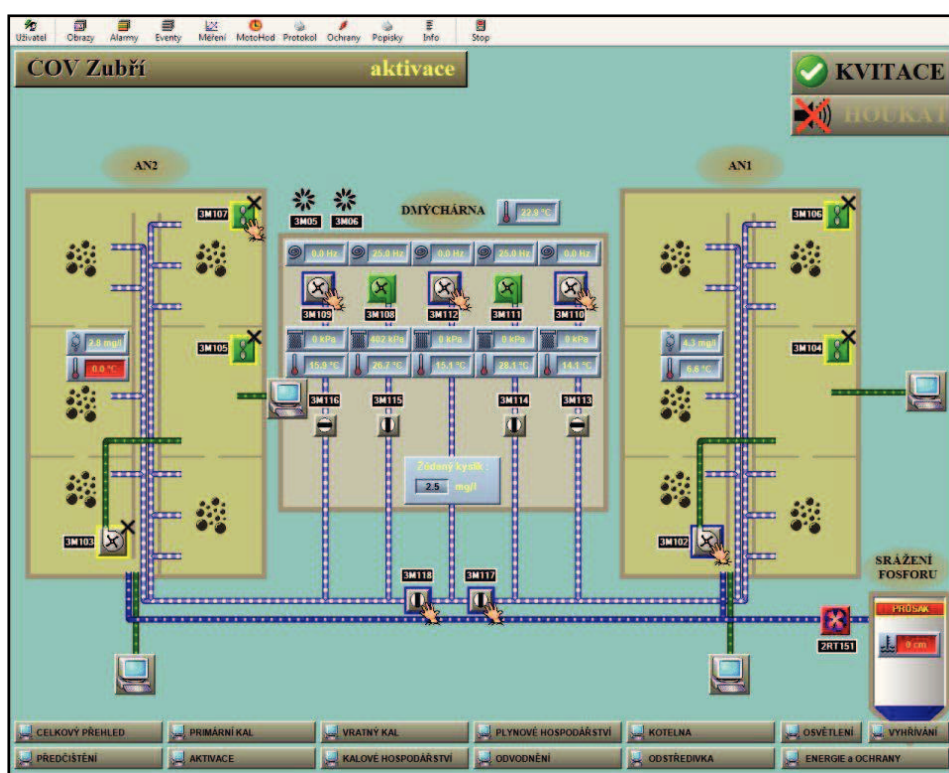


Obrázek 15 - Schéma s předřazenou denitrifikací a regenerací kalu (Hlavínek 2006)

Aktivační nádrž musí být míchána, čerpána a především provzdušňována. Anoxické zóny a fakultativně anoxicko/oxické zóny jsou homogenizovány ponornými míchadly. Pro vytvoření oxických zón jsou nádrže vybaveny a provzdušňovány jemnobublinným aeračním systémem. Zdrojem tlakového vzduchu jsou rotační dmychadla umístěná v objektu dmýchárny typu Robuschi. Regulace množství dodávaného vzduchu je zajištěna frekvenčními měniči pro všechna dmychadla. Rozvod vzduchu do aktivačních nádrží je veden nerezovým potrubím přes provzdušňovací rošty typu FORTEX. Množství kyslíku v aktivačních nádržích je sledováno dvěma kyslíkovými sondami umístěnými při odtoku z nádrže nitrifikace. Doba zdržení odpadní vody v aktivaci bývá obvykle 6-8 hodin (Punmia 1998; Kučerová 2011).

Tabulka 4: Souhrnné parametry aktivace

Souhrnné parametry aktivace	Jednotka	Hodnota
Max. přítok na biologický stupeň	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	1 100
Výpočtový (denní) přítok	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	667
Průměrný denní přítok	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	480
Zatížení aktivace BSK_5	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	1 369
Počet linek	ks	2



Obrázek 16 - Schéma aktivační linky (VaK Vsetín, a.s.)

Po dostatečně dlouhé době styku odpadní vody s aktivovaným kalem v aktivační nádrži se vede směs do dosazovací nádrže, kde se oddělí vločky aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody.

3.3.2 Dosazovací nádrže

Dosazovací nádrže jsou nezbytnou součástí kontinuálně provozovaných systémů s aktivovaným kalem. Představují v čistírně odpadních vod druhou sedimentaci. Mezi základní funkce dosazovacích nádrží patří:

- Separace aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody.
- Zahušťování separovaného kalu tak, aby bylo možné jej recirkulovat.
- Akumulace aktivovaného kalu při nárazovém hydraulickém zatížení biologického stupně, kdy aktivovaný kal je z aktivačních nádrží vyplavován.

K separaci aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody se na ČOV Zubří používají dvě kruhové dosazovací nádrže o průměru 17,5 m (DN1 a DN2) a jedna kruhová nádrž o průměru 24 m (DN3). Z nádrží aktivace je aktivační směs přiváděna do hlavního rozdělovacího objektu. Společný přítokový prostor rozdělovacího objektu je zčásti rozdělen přepážkou, aby bylo zajištěno, že převážná část směsi z příslušné aktivační linky bude přitékat do příslušné dosazovací nádrže. Zachycené plovoucí nečistoty jsou odtahovány do vnitřní kanalizace ČOV a následně zachyceny v usazovací nádrži.

Mezi nejdůležitějšími faktory ovlivňující provoz dosazovacích nádrží patří průtok odpadní vody a vlastnosti aktivovaného kalu (sedimentační, zahušťovací a flokulační) (Hlavínek 2006; Karia 2006; Vesilind 2003).



Obrázek 17, 18 - Dosazovací nádrže, detail (foto autora)

3.4 Kalové hospodářství

Při čištění odpadních vod vzniká odpadní kal. Kaly představují přibližně 1 – 2 % objemu čištěných vod, je v nich však zkoncentrováno až 50 – 80 % původního znečištění. Náklady na provoz kalového hospodářství představují až 50 % celkových provozních nákladů čistírny odpadních vod (Dohányos 2006). Kal pocházející z mechanického stupně čistírny je nazýván primární kal, z biologického stupně je odváděn sekundární - přebytečný aktivovaný kal. Celkové množství kalu je na ČOV Zubří navyšováno o kal, který vzniká při fyzikálně – chemickém odstraňování fosforu. Tento směsný kal je dále zahušťován a odváděn do vyhnívací nádrže. Tabulka č. 5 vypovídá o produkci jednotlivých částí kalu na ČOV Zubří.

Tabulka 5: Produkce kalu na ČOV Zubří

Vstupy do kalového hospodářství	Jednotka	Hodnota
Produkce primárního kalu	kg/d	3 100
Produkce sekundárního kalu	kg/d	1 200
Produkce chem. kalu (při dávkování Fe^{3+})	kg/d	200
Max.množství odtahovaného přebytečného kalu	kg/d	1 300
Celková produkce směsného kalu	kg/d	4 400
Objem kalu čerpaný do vyhnívací nádrže	m^3/d	116

3.4.1 Vyhnívací nádrž

Vyhnívací nádrž slouží k anaerobní stabilizaci kalu, při níž dochází k přeměně většiny rozložitelných organických látek na bioplyn. Do vyhnívací nádrže o objemu $1\,200\text{ m}^3$ je potrubím přiváděn zahuštěný směsný kal z usazovacích nádrží. Celá nádrž je homogenizována pomocí pomaluběžného míchadla. Nádrž musí být osázena víkem, na němž je instalován jímač bioplynu a kapalinová pojistka. Vyprodukovaný bioplyn je využíván pro zajištění tepelných potřeb čistírny. Bioplyn z vyhnívací nádrže je veden do strojovny plynojemu a dále vstupuje do dvoumembranového plynojemu o provozním objemu 270 m^3 .

Z plynojemů je pak plyn odebírán a větven na přípojku do kotelny a k hořáku zbytkového plynu. Bioplyn obsahuje zhruba 65 – 75 % CH_4 , 25 – 35 % CO_2 a malá množství H_2 , N_2 , případně H_2S . Jeho výhřevnost činí 21 000 – 30 000 kJ/m³ (Lyčková a kol. 2009). Průměrná produkce bioplynu na ČOV Zubří je 1 100 m³ za den.

3.4.2 Uskladňovací nádrž

Anaerobně stabilizovaný kal je uskladňován v nádrži o objemu 935 m³. Nádrž je vybavena ponorným míchadlem, které zajišťuje homogenizaci kalu před odvodněním na odstředivce. Kal je dále čerpán na odvodňovací odstředivku nebo je potrubím vypouštěn na kalová pole. Kal z ČOV Zubří je využíván jako hnojivo na zemědělskou půdu. Hlavním limitujícím faktorem využívání kalů v zemědělství je obsah cizorodých látek v kalech a přítomnost patogenních mikroorganismů. Z cizorodých látek jsou to především těžké kovy. Provozovatel ČOV Zubří sleduje obsah těžkých kovů v kalech odběry vzorků 6x za rok.

3.5 Odstraňování nutrientů

Pod pojmem nutriety jsou označovány minerální živiny, které jsou nezbytné pro růst mikroorganismů. Mezi nutriety patří zejména dva důležité makrobiogenní prvky - dusík a fosfor. Nepřiměřené zvyšování obsahu těchto makroprvků ve vodách je hlavní příčinou eutrofizace především stojatých povrchových vod (jezera, nádrže, rybníky atd.). Typickým projevem eutrofizace vody je přemnožení fytoplanktonu (sinice, řasy, rozsivky apod.), které vytvářejí na hladině tzv. vodní květ. K chronickým příznakům patří nízká koncentrace rozpuštěného kyslíku, zvýšená toxicita pro vodní živočichy, zakalení vody, znehodnocení vody pro rekreační účely, nebo k úpravě vody na pitnou. Eutrofizace vod může být přirozeného nebo antropogenního původu. V prvním případě se jedná o výskyt dusíku a fosforu v dnových sedimentech, okolní půdě, nebo uvolňování při rozkladných procesech. Přirozenou eutrofizaci nelze přímo ovlivnit. Antropogenní eutrofizace je výsledkem lidské činnosti, zejména zemědělství, používání pracích a čistících přípravků obsahujících polyfosforečnany apod. Biologické odstraňování nutrientů je zaměřeno na odstraňování celkového dusíku a celkového fosforu z

odpadní vody před vypouštěním do recipientu, výsledkem je snižování eutrofizace našich povrchových vod (Hlavínek 2006; www.nj.gov 2007; Metcalf and Eddy 2003).

3.5.1 Odstraňování dusíku

Biologické odstraňování anorganického dusíku spočívá v biochemické oxidaci amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany (nitrifikace) a v jejich následující biochemické redukci na plyný dusík (denitrifikace) (Bindzar 2009). Dusík obsažený v organických látkách musí být nejprve bonifikován. Technicky se jedná o třístupňový proces – amonifikace, nitrifikace a denitrifikace.

- **Amonifikace**

Amonifikace je anaerobní proces, při kterém je dusík vázaný v organických látkách, jako např. močovina, exkrementy apod., mineralizován chemotrofními bakteriemi na amoniak. Tento proces probíhá v surové odpadní vodě již ve stokové síti před přítokem na čistírnu (www.thewaterplanetcompany.com 2013).

- **Nitrifikace**

Biologickou nitrifikací je nazýván děj, při kterém je amoniakální dusík v oxickém prostředí oxidován hlavně litotrofními nitrifikačními bakteriemi, především rodu *Nitrosomonas* v prvním stupni na dusitany NO_2^- (nitritace) a bakteriemi rodu *Nitrobacter* a *Nitrocystis* v druhém stupni na dusičnany NO_3^- (nitratace). Nitrifikační bakterie využívají oxidaci dusíkatých sloučenin jako zdroj energie. Nová biomasa je syntetizována z anorganických forem uhlíku CO_2 . V aktivačním procesu probíhá nitrifikace v rozmezí 5 - 30 °C. S poklesem teploty se její rychlost snižuje. Mezi nejdůležitější faktory ovlivňující rychlost a průběh nitrifikace patří kromě teplotního režimu také koncentrace rozpuštěného kyslíku (optimální koncentrace rozp. O_2 se uvádí 1 - 2 mg/l), hodnota pH (optimální hodnota je uváděna 7 - 8,5), stáří a zatížení kalu a složení odpadních vod. Nitrifikační bakterie jsou velmi citlivé na vyšší obsah přítomnosti cizorodých látek, především těžkých kovů, kyanidů apod. Na nitrifikaci musí navazovat proces denitrifikace, jinak by sloučeniny dusíku zůstávaly ve finálním odtoku, pouze by se změnila jejich forma z redukované na oxidovanou (Wiesmann 2007; Wang 2009).

- **Denitrifikace**

Biologickou denitrifikací je nazýván děj, při kterém jsou v anoxickém prostředí redukovány dusičnany a dusitany na plynné produkty - plynný dusík N_2 v případě, že $pH > 7,3$ nebo oxid dusný N_2O při $pH < 7,3$. Elementární dusík je tímto postupem z vody odstraňován a vrácen zpět do původní formy. Denitrifikační bakterie jsou fakultativní anaerobní převážně rodu *Pseudomonas* a *Moraxella*. Na rozdíl od nitrifikace je pro denitrifikaci nutný organický substrát jako zdroj energie, obvykle to bývají organické látky obsažené v odpadní vodě nebo kalu. Mezi důležité faktory, které ovlivňují proces denitrifikace, patří stejně jako u nitrifikace koncentrace rozpuštěného kyslíku, optimálně 0,2 mg/l. Vyšší koncentrace již brání ve využití dusičnanů jako konečného akceptoru elektronů. Optimální teplota je udávána 20 - 30 °C. Denitrifikace ustává při poklesu teploty pod 10 °C. Hodnota pH je doporučována v rozmezí 7,0 - 9,0 (Pitter 1999; Van Haandel 2007)

3.5.2 Odstraňování fosforu

Fosfor lze z odpadních vod odstraňovat biologickou nebo chemickou cestou. Ve všech případech je ovšem fosfor převáděn do nerozpustné pevné fáze. Tato frakce může být nerozpustná anorganická sůl, biomasa aktivovaného kalu nebo biomasa umělých mokřadů. V případě biologického odstraňování se využívá biocenóza aktivovaného kalu. Bakterie, které jsou schopné zvýšené akumulace fosforu do svých buněk, jsou souhrnně označovány jako poly-P bakterie (polyfosfátakumulující nebo také polyfosforečné), pocházejí převážně z rodu *Acinobacter*. S jejich pomocí lze dosáhnout až 10 % zastoupení fosforu v sušině. Základním předpokladem pro navození zvýšeného biologického odstraňování fosforu je střídání anaerobních a aerobních podmínek (Pitter 1999; Bratby 2006; Valsami 2004).

Při chemickém odstraňování fosforu se využívá zejména srážení fosforu. Při tomto procesu se převádí rozpuštěný anorganický fosfor na málo rozpustné fosforečnany kovů a současně probíhá tvorba hydroxidů kovů. Používají se především trojmocné soli železa a hliníku, dvojmocné soli železa a vápníku. Vznikají vločky, které tyto fosforečnany akumulují a současně dochází i

k odstranění organických a nerozpuštěných látek. Tento proces se nazývá koagulace a přidané chemické látky jsou koagulanty. Na čistírně existují tři místa, kam lze srážedlo aplikovat. Jedná se o:

- Primární srážení – srážedlo se dávkuje před usazovací nádrž např. do lapáku písku. Srážení je problematické, protože je nutné dodržet vypočtenou dávku, aby nedošlo k vysrážení veškerého fosforu potřebného pro růst aktivovaného kalu.
- Simultánní srážení – srážedlo se dávkuje do nátoky aktivace anebo do nátoky před dosazovací nádrž. Tento způsob podporuje sedimentační vlastnosti aktivovaného kalu, a proto i lepší kvalitu odtokových parametrů.
- Terciální srážení – provádí se v separátním reaktoru na odtoku z ČOV. Vzniklá sraženina se musí separovat mikrosíty nebo membránovou filtrací. Zpravidla je dosahováno největší účinnosti odstranění fosforu, ovšem na úkor ekonomické náročnosti z důvodu nutnosti další nádrže, míchadla a separačních prostředků (Valsami 2004; Hlavínek 1996).

Čistírna odpadních vod v Zubří využívá simultánní chemické srážení fosforu solemi železa. Železitý koagulát je 40 %-ní roztok síranu železitého $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, který slouží speciálně ke srážení fosfátů. Vznikne nerozpustná sraženina fosforečnanu železitého, která je odtahována s přebytečným kalem. Jako zásobník koagulantu se používá stojatá válcová plastová nádrž o objemu 15m^3 . Dávkování srážedla probíhá dle potřeb provozovatele ručním nastavením dávkovaného množství v závislosti na výsledcích laboratorních rozborů a na sezónních sedimentačních vlastnostech aktivovaného kalu. Rozsah dávkovaného množství se pohybuje v rozmezí 0 - 20 l/hod. Jelikož má ČOV Zubří dvě aktivační linky, je pro každou z nich navrženo dávkovací čerpadlo tak, aby bylo možné pro každou linku přesně seřídit dávkované množství. Do aktivačních nádrží je koagulant dávkován potrubími (Provozní řád ČOV Zubří).

3.6 Sledované ukazatele

Na přítoku ČOV Zubří je sledován denní průtok, biochemická spotřeba kyslíku, chemická spotřeba kyslíku, nerozpuštěné látky, amoniakální dusík, celkový dusík a celkový fosfor. Jednotlivé ukazatele včetně jednotek jsou znázorněny v tabulce č. 5.

Tabulka 6: Vybrané sledované ukazatele na ČOV Zubří

Ukazatel	Q ₂₄	BSK	CHSK	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk.}	P _{celk.}
Jednotka	m ³ /d	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l

3.6.1 BSK

Biochemická spotřeba kyslíku je definovaná jako množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy pro rozklad rozložitelných organických látek za aerobních podmínek (Bindzar 2009). Stanovení BSK je běžnou součástí chemického rozboru povrchových a odpadních vod a jedním ze základních parametrů při posuzování účinnosti biologického čištění odpadních vod a při hodnocení biologické rozložitelnosti organických látek (Pitter 1999). Průběh biochemické spotřeby kyslíku závisí na době inkubace. Úplná biochemická oxidace organických látek obsažených splaškové odpadní vodě trvá při standardní zředovací metodě asi 20 dní. Tato doba je však pro praktickou upotřebitelnost výsledků příliš dlouhá. Proto byla zvolena jednotná inkubační doba 5 dní. Výsledek se označuje jako BSK₅. Obecně platí, že čím je hodnota BSK vyšší, tím je voda z hlediska rozpuštěných organických látek znečištěnější (Henze 2002).

3.6.2 CHSK

Chemická spotřeba kyslíku představuje komplexní ukazatel veškerého organického znečištění. CHSK, na rozdíl od BSK, zahrnuje jak rozložitelné, tak i nerozložitelné látky (Seviour 2010). CHSK_{Cr} – stanovení CHSK dichromanem draselným - představuje jednotnou metodu zjišťování organických látek v odpadních vodách. Výhodou metody stanovení CHSK dichromanem je vysoký stupeň oxidace organických látek, který umožňuje hodnotit i silně znečištěné

odpadní vody (Chudoba 1991; Langhammer 2002). Hodnoty BSK a CHSK lze vzájemně porovnávat, protože obě vyjadřují množství organické látky v kyslíkových ekvivalentech. U odpadních vod je významný poměr mezi BSK_5 a $CHSK_{cr}$, který je mírou přítomnosti biologicky rozložitelných látek ve vodě. Poměr $BSK_5 : CHSK_{cr} \geq 0,5$ svědčí o přítomnosti biologicky snadno rozložitelných látek. (Pytl 2012). Stanovení CHSK může být provedeno v několika hodinách, zatímco stanovení BSK trvá pět dní.

3.6.3 NL

Nerozpuštěné látky jsou významným ukazatelem jakosti surových i vyčištěných odpadních vod. V zahraniční literatuře se často vyskytuje slovní spojení "stanovení suspendovaných látek". Pod pojmem suspendované látky se obvykle rozumí látky, které volně sedimentují a tím nezahrnují koloidní disperze. Nerozpuštěné látky jsou širším pojmem, protože zahrnují i látky koloidně dispergované. Diferenciace závisí na velikosti pórů použitého filtru. Hranice mezi suspendovanými a nerozpuštěnými látkami není přesně dána. Obvykle se uvádí velikost částic $0,5 \mu m$ a $1,0 \mu m$.

Nerozpuštěné látky se stanovují filtrací vody přes filtry z borosilikátových skelných vláken předepsané jakosti. Filtr se vysuší při $105^\circ C$ a hmotnost látek zadržených na filtru se stanoví vážením. Druh filtru musí být vždy uveden (Pytl 2012). Jedná se o pevné látky, které mohou být odstraněny z odpadních vod fyzikálními nebo mechanickými prostředky, například sedimentací nebo filtrací. Nerozpuštěné látky obsahují přibližně 70 % organické sušiny a 30 % anorganických pevných látek.

3.6.4 $N-NH_4^+$

Amoniakální dusík se ve vodách vyskytuje jako disociovaný ion $N-NH_4^+$ spolu s nedisociovaným iontem NH_3 . Poměrné zastoupení obou forem (NH_3 a NH_4^+) je přibližně 1:1. Čím je voda kyselejší, tím obsahuje méně nedisociované formy a naopak. Chemickými analytickými metodami se stanoví vždy obě formy, tj. celkový amoniakální dusík. Ten se ve splaškových vodách vyskytuje v podstatně

ve větších koncentracích než ve vodách přírodních. V průmyslových odpadních vodách lze zjistit stovky mg/l až jednotky g/l (Horáková 2003). Amoniakální dusík je primárním produktem rozkladu organických dusíkatých látek živočišného a rostlinného původu. Zdrojem jsou především fekálie a rozklad dusíkatých organických látek. Obsah je značně variabilní, protože již v kanalizaci dochází k různým biologickým transformacím sloučenin dusíku. Nedisociovaná forma NH_3 působí velmi toxicky na ryby a jiné vodní živočichy (Pitter 1999; Hlavínek 1996).

3.6.5 $N_{\text{celk.}}$

Obsah celkového dusíku ve vodě je dán součtem koncentrací všech anorganických dusíkatých sloučenin (tzn. NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) a organických dusíkatých sloučenin obsažených ve vzorku. Dominantní podíl z celkového dusíku ve splaškové vodě tvoří amoniakální dusík (Horáková 2003; Malý 2006). Sloučeniny dusíku jsou ve vodách málo stabilní a podléhají v závislosti na mikrobiálním osídlení, oxidačně – redukčním potenciálu a hodnotě pH biochemickým přeměnám - nitrifikaci a denitrifikaci. Nejčastěji se počítá se specifickou produkcí celkového dusíku 12 g na 1 obyvatele za 1 den (Pytl 2012).

3.6.6 $P_{\text{celk.}}$

V přírodě se fosfor vyskytuje pouze ve formě chemických sloučenin. Celkový fosfor, vyskytující se ve vodách, se dělí na rozpuštěný a nerozpuštěný. Obě formy se dále dělí na organicky a anorganicky vázaný fosfor. Rozpuštěný anorganicky vázaný fosfor se rozlišuje ve formě orthofosforečnanů (PO_4^{3-}) a polyfosforečnanů. Do vod se fosfor dostává v těchto formách např. z moči, fekálií, pracích a čisticích prostředků, hnojiv atd. Sloučeniny fosforu a dusíku patří mezi nejdůležitější nutrienty ovlivňující eutrofizaci vod. Za účelem ochrany povrchových vod je dle NV č. 61/2003 Sb., v platném znění, nařízeno fosfor odstraňovat v čistírnách odpadních vod větších než 2 000 EO. Množství fosforu v odpadní komunální vodě se uvádí přibližně 2 - 3 g na 1 osobu za 1 den (Kučerová 2011; Hlavínek 1996).

3.7 Legislativní požadavky

Vodní politika je neopomenutelnou součástí globální politiky životního prostředí. Svým významem a dopady široce souvisí s celkovou hospodářskou politikou státu a spokojeností obyvatelstva. Od roku 1989 se situace ve vodním hospodářství postupně vyvíjela ve prospěch zlepšování vodních poměrů, což ovlivnilo výrazně jakost povrchových vod. Příčin bylo několik: restrukturalizace průmyslu, úsporná opatření s vodou v průmyslu a u obyvatelstva a především výstavba a modernizace čistíren odpadních vod (Pytl 2012).

3.7.1 Legislativa EU

- **Vodní rámcová směrnice 2000/60/ES**

Základním právním předpisem Evropského parlamentu a Rady, který stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky členských států, je směrnice 2000/60/ES (Vodní rámcová směrnice). Účelem této směrnice je stanovit rámec pro ochranu vnitrozemských povrchových vod, podzemních vod a dalších typů vod, který zabrání dalšímu zhoršování, ochrání a zlepší stav vodních ekosystémů. Na úseku odpadních vod je cílem přijmout specifická opatření na kontrolu znečištění tím, že se cíleně sníží či zastaví vypouštění, emise a úniky prioritních toxických látek a zvýší ochrana a zlepší vodní prostředí. V podstatě se jedná o plánovací dokument na mnoho let dopředu, a nějž navazují již konkrétní úkoly vyplývající z řady směrnic Evropského společenství (www.eur-lex.europa.eu).

- **Směrnice Rady 91/271/EHS**

Směrnice o čištění městských odpadních vod. Směrnice se týká odvádění, čištění a vypouštění městských odpadních vod a čištění a vypouštění odpadních vod z určitých průmyslových odvětví. Cílem této směrnice je ochrana životního prostředí před nepříznivými účinky vypouštění výše uvedených odpadních vod. Svým obsahem a konkrétními úkoly je plně v souladu s principy Rámcové směrnice vodní politiky Evropské unie (www.mzp.cz).

Směrnice Rady 75/442/EHS o odpadech se sice nevztahuje na odpadní vody, avšak na kaly z městských čistíren odpadních vod. V legislativě ČR je nakládání s kaly z ČOV upraveno v zákoně č. 185/2006 Sb., o odpadech.

Podle Směrnice Rady 86/278/EHS o ochraně životního prostředí a zejména půdy při používání kalů z čistíren odpadních vod v zemědělství mohou být kaly z čistíren odpadních vod nebezpečným odpadem a podléhají směrnici Rady 91/689/EHS o nebezpečných odpadech.

3.7.2 Legislativa ČR

- **Zákon č. 254/2001 Sb.**

Zákon o vodách a o změně některých zákonů – vodní zákon. Primárním účelem vodního zákona je ochrana povrchových a podzemních vod. Čistírna odpadních vod je podle tohoto zákona vodním dílem a vztahuje se na ni § 55. Práva a povinnosti osob nakládajících s odpadními vodami upravuje mimo jiné § 38. V případech, kdy není zcela jasné, zda se jedná o odpadní vodu, rozhoduje vodoprávní úřad (www.portal.gov.cz).

- **Zákon č. 274/2001 Sb.**

Zákon o vodovodech a kanalizacích. Na úseku odpadních vod zákon upravuje obecně technické požadavky na výstavbu kanalizací, povinnost vlastníka kanalizace vypracovat kanalizační řád a v neposlední řadě způsob odvádění odpadních vod z pozemku nebo stavby a způsob jejich měření (www.portal.gov.cz).

- **Vyhláška č. 428/2001 Sb.**

Vyhláška Ministerstva zemědělství ČR, kterou se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích.

V souvislosti s touto diplomovou prací bych zmínila část osmou, ve které jsou stanoveny technické požadavky na výstavbu čistíren odpadních vod. Jak již bylo uvedeno výše, ČOV Zubří zajišťuje všechny tři stupně čištění odpadních vod. Navrhované parametry čistírny plně splňují dosavadní nároky na čištění odpadních vod jak z pohledu požadavků na jakost vyčištěných odpadních vod, tak

i z pohledu technického zabezpečení provozu včetně průtokových parametrů. Podrobné informace celého procesu ČOV Zubří jsou uvedeny v platném provozním a kanalizačním řádu (www.enviparagraf.cz).

- **Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.**

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech je důležitým prováděcím předpisem, který v souladu s mnoha právními dokumenty Evropského společenství stanoví konkrétní ukazatele pro činnost všech subjektů v ČR účastných na projektování, výstavbě a provozování čistíren odpadních vod. Jednotlivé kapitoly vymezují hlavní používané pojmy, stanoví náležitosti povolení k vypouštění odpadních vod, pravidla pro emisní limity a jejich dodržování a také povinnosti pro měření objemu vypouštěných odpadních vod a míry jejich znečištění. Velmi důležitý je § 10, protože v odst. 1 vymezuje všechny povrchové vody na území České republiky jako citlivé oblasti. V souvislosti s řešením této diplomové práce je podstatný § 6, který stanovuje emisní standardy a normy environmentální kvality vypouštění odpadních vod do vod povrchových, které povoluje vodoprávní úřad. V tabulce č. 6 je zobrazen rozdíl mezi emisními standardy podle NV č. 61/2003 Sb. a hodnoty garantované projektantem pro ČOV Zubří. Podle § 8 je upravována četnost a způsob sledování znečištění v ukazatelích znečištění s odkazem na přílohu č. 4 tohoto nařízení. V tabulce č. 7 je znázorněn rozdíl mezi minimální roční četností odběrů vypouštěných městských odpadních vod podle NV č. 61/2003 Sb. a skutečným stavem odběrů na ČOV Zubří.

Tabulka 7: Porovnání emisních limitů a hodnot garantované projektantem pro ČOV Zubří

		BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
NV 61/2003 Sb.	„p“	20	90	25	-	-	-
	„m“	40	130	50	-	30	6
	<i>průměr</i>					15	2
ČOV Zubří	„p“	20	90	20	-	-	-
	„m“	35	120	40	-	20	5
	<i>průměr</i>					15	2

„p“ – přípustná hodnota, která může být 2-3 krát v roce překročena (podle NV 61/2003 Sb., příl.5)

„m“ – maximální nepřekročitelná hodnota

průměr – průměrné roční hodnoty; mohou být vyšší než uvedená hodnota, ale nesmí překročit „m“.

Tabulka 8: Porovnání četností odběrů vzorků

Velikost zdroje znečištění (EO)		Typ vzorku	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk.}	P _{celk}
NV	10 001 – 100 000	C*	26	26	26	26	26	26
Zubří	10 001 – 100 000	C*	53	53	53	53	53	53

* typ C - 24 hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin o objemu úměrném aktuální hodnotě průtoku v době odběru dílčího vzorku.

• Vyhláška č. 123/2012 Sb.

Vyhláška o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových upravuje prokazování odborné způsobilosti oprávněných kontrolních laboratoří a měřících skupin k provádění rozborů odpadních vod. Společnost VaK Vsetín, a.s., která je provozovatelem ČOV Zubří, disponuje vlastní zkušební laboratoří akreditovanou Českým institutem pro akreditaci. Pro matrici odpadní vody je laboratoř akreditována pro základní ukazatele, které jsou vyhodnocovány v této diplomové práci. Způsob sledování znečištění odpadních vod a měření objemu vypouštěných odpadních vod se uvádějí v přílohách č. 1 a č. 3 vyhlášky. Provozovatel ČOV Zubří společnost VaK Vsetín, a.s. je povinen hradit poplatek ze znečištění za množství vypouštěných odpadních vod sazbou, která činí 0,1 Kč za 1 m³, a to z důvodu překročení stanoveného objemu 100 000 m³ vypouštěných OV za rok (www.mzp.cz).

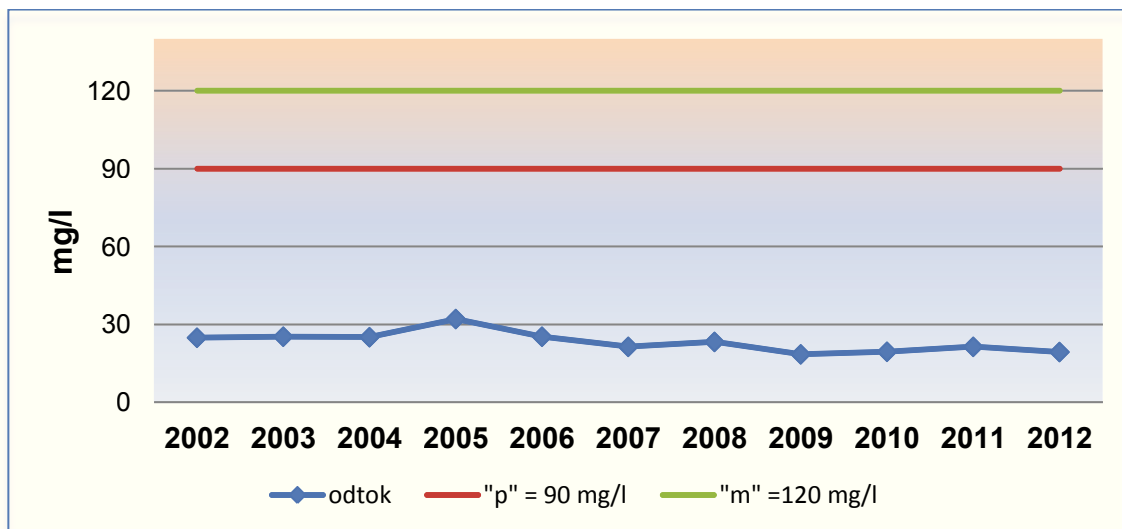
4 Praktická část

4.1 Chování sledovaných parametrů

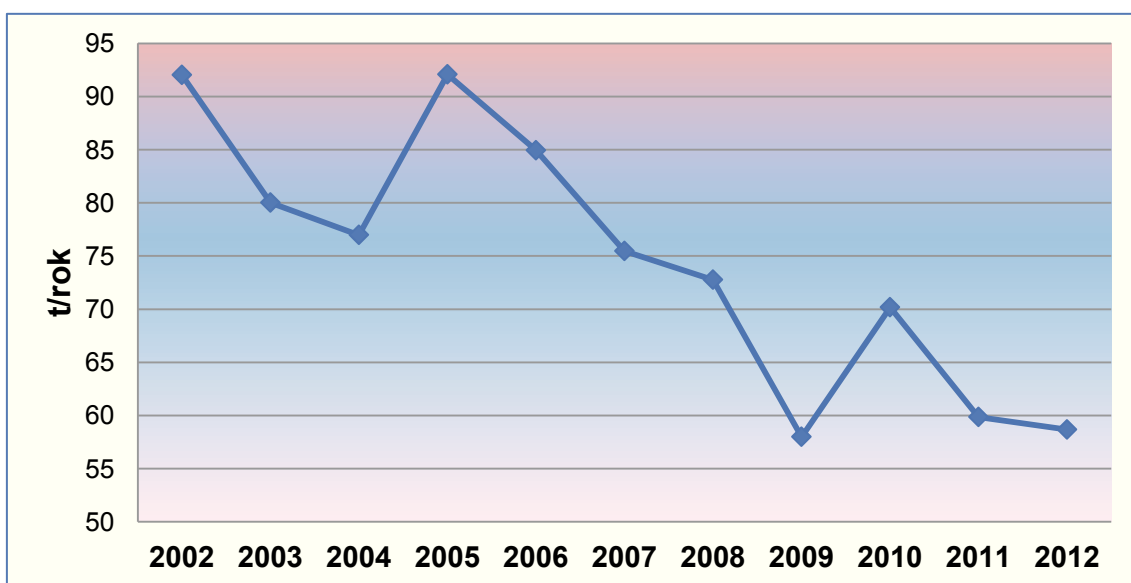
Vývoj chování sledovaných parametrů chemická spotřeba kyslíku CHSK_{Cr} , biochemická spotřeba kyslíku BSK_5 , nerozpuštěné látky NL, amoniakální dusík N-NH_4^+ , celkový fosfor $\text{P}_{\text{celk.}}$ a celkový dusík $\text{N}_{\text{celk.}}$ je zobrazen na obrázcích č. 19 - č. 30. Jednotlivé parametry jsou vyjádřeny v koncentračních (mg/l) a hmotnostních (t/rok) jednotkách. Odběr vzorků je zajišťován na přítoku do čistírny a na odtoku do recipientu. Tabulky č. 9 – č. 14 zobrazují hodnoty na přítoku a odtoku, tyto jsou průměrem všech odebraných směsných vzorků typu C jednotlivých parametrů v daném roce. Odběr vzorků je zajištěn automatickým vzorkovačem, vzorky jsou vyhodnocovány v akreditované laboratoři provozovatele ČOV Zubří, kterým je společnost VaK Vsetín, a.s.

Tabulka 9: Přehled sledovaných parametrů - CHSK_{Cr}

Rok	Přítok	Odtok	Průtok	Účinnost čištění
	mg/l	mg/l	m ³ /rok	%
2002	674,2	24,9	3 695 690	96,3
2003	548,2	25,3	3 162 700	95,4
2004	840,7	25,1	3 066 820	97,0
2005	519,6	32,1	2 868 425	93,8
2006	566,4	25,3	3 357 030	95,5
2007	522,1	21,4	3 526 270	95,9
2008	496,9	23,3	3 123 000	95,3
2009	504,9	18,5	3 134 560	96,3
2010	465,5	19,5	3 598 551	95,8
2011	597,7	21,4	2 796 919	96,4
2012	823,3	19,4	3 024 401	97,6



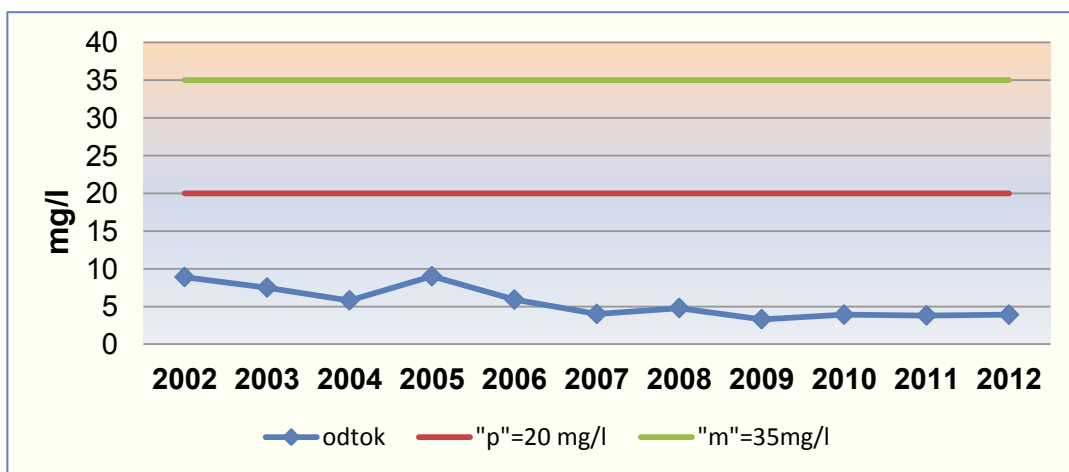
Obrázek 19 - Vývoj koncentrace znečištění v parametru CHSK_{Cr}



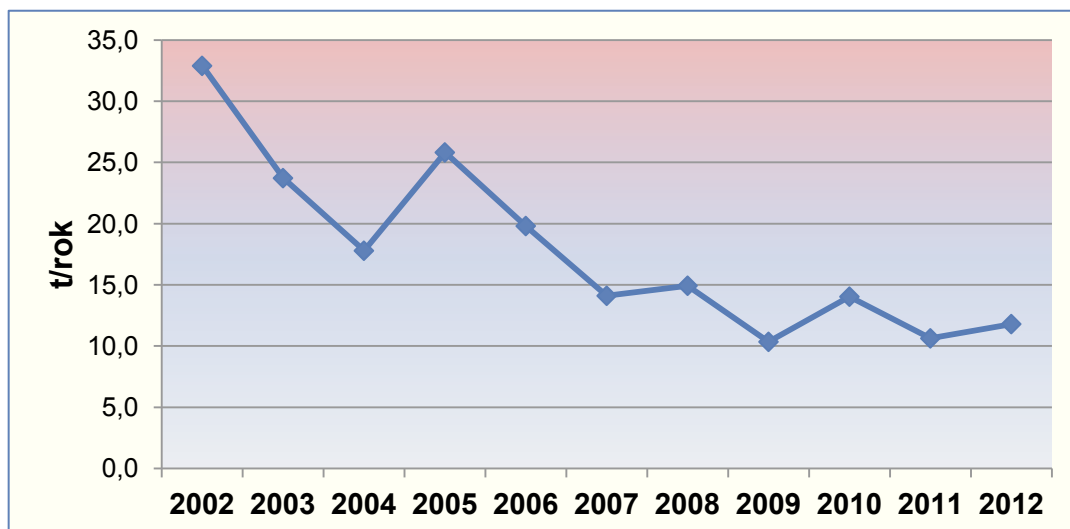
Obrázek 20 - Vývoj hmotnostního znečištění v parametru CHSK_{Cr}

Tabulka 10: Přehled sledovaných parametrů - BSK₅

Rok	Přítok	Odtok	Průtok	Účinnost čištění
	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>m³/rok</i>	<i>%</i>
2002	249,2	8,9	3 695 690	96,4
2003	202,4	7,5	3 162 700	96,3
2004	302,8	5,8	3 066 820	98,1
2005	180,8	9,0	2 868 425	95,0
2006	211,0	5,9	3 357 030	97,2
2007	193,3	4,0	3 526 270	97,9
2008	207,0	4,8	3 123 000	97,7
2009	194,5	3,3	3 134 560	98,3
2010	195,0	3,9	3 598 551	98,0
2011	231,0	3,8	2 796 919	98,4
2012	368,0	3,9	3 024 401	98,9



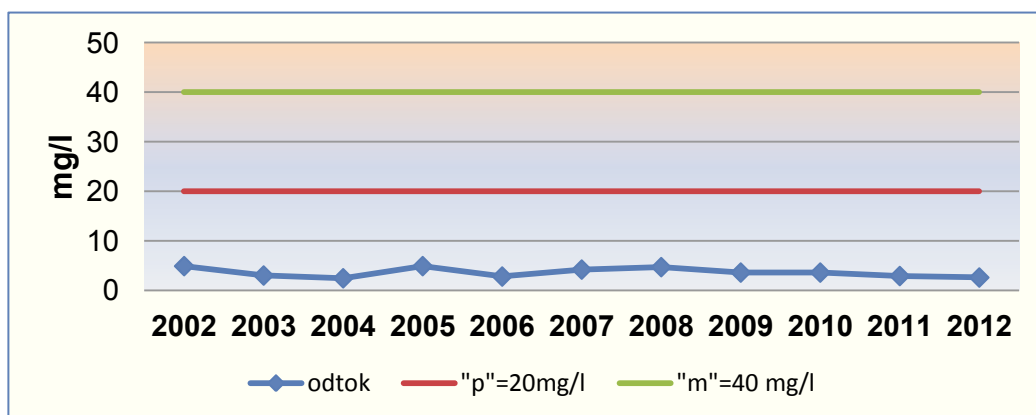
Obrázek 21 - Vývoj koncentrace znečištění v parametru BSK₅



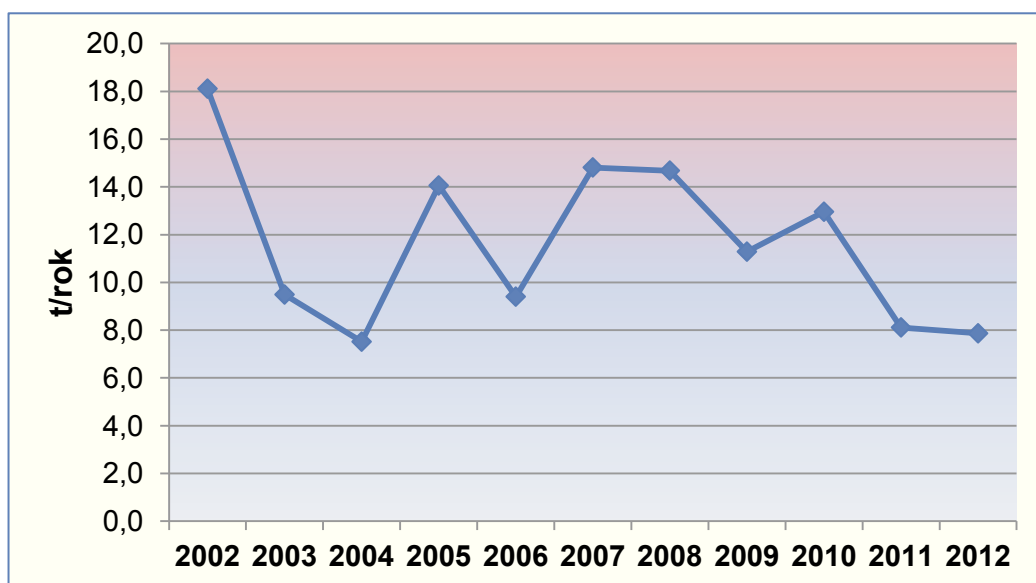
Obrázek 22 - Vývoj hmotnostního znečištění v parametru BSK₅

Tabulka 11: Přehled sledovaných parametrů - NL

Rok	Přítok	Odtok	Průtok	Účinnost čištění
	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>m³/rok</i>	<i>%</i>
2002	352,6	4,9	3 695 690	98,6
2003	276,5	3,0	3 162 700	98,9
2004	534,3	2,4	3 066 820	99,5
2005	251,7	4,9	2 868 425	98,1
2006	332,0	2,8	3 357 030	99,2
2007	304,1	4,2	3 526 270	98,6
2008	241,3	4,7	3 123 000	98,1
2009	251,5	3,6	3 134 560	98,6
2010	238,2	3,6	3 598 551	98,5
2011	286,6	2,9	2 796 919	99,0
2012	429,2	2,6	3 024 401	99,4



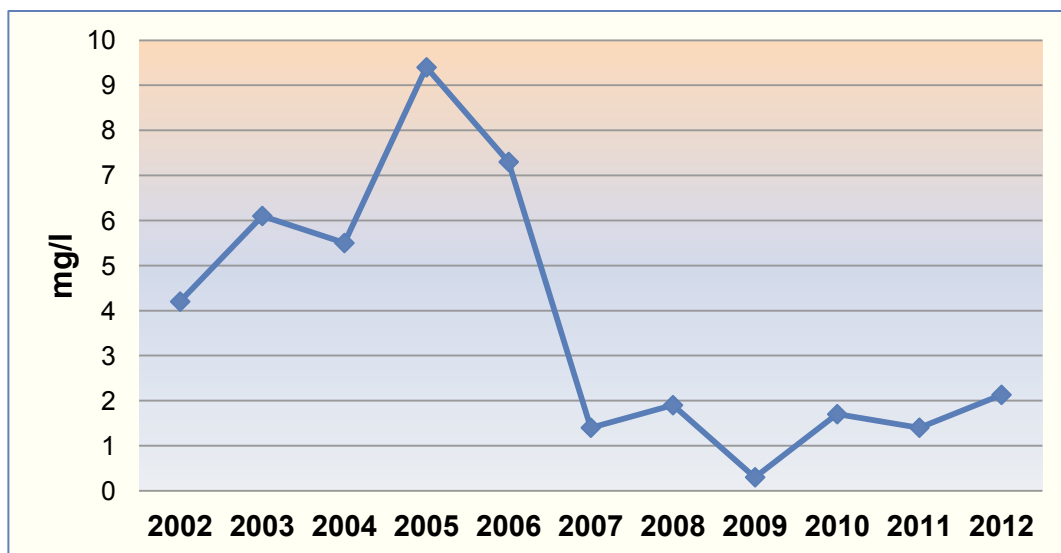
Obrázek 23 - Vývoj koncentrace znečištění na odtoku z ČOV v parametru NL



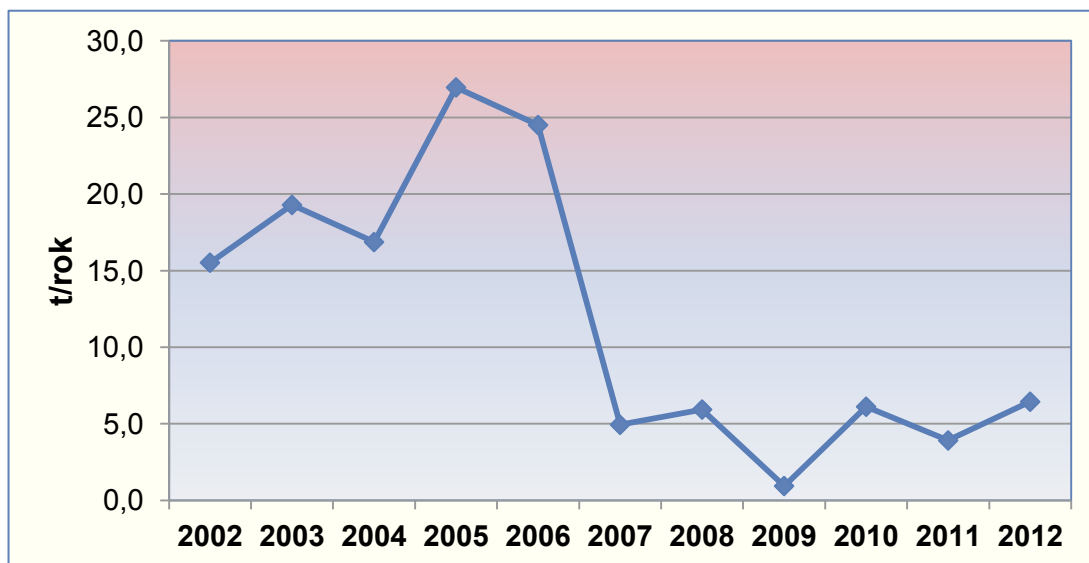
Obrázek 24 - Vývoj hmotnostního znečištění v parametru NL

Tabulka 12: Přehled sledovaných parametrů - N-NH_4^+

Rok	Přítok	Odtok	Průtok	Účinnost čištění
	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>m³/rok</i>	<i>%</i>
2002	13,9	4,2	3 695 690	69,8
2003	18,8	6,1	3 162 700	67,6
2004	20,2	5,5	3 066 820	72,8
2005	17,2	9,4	2 868 425	45,3
2006	16,3	7,3	3 357 030	55,2
2007	18,9	1,4	3 526 270	92,6
2008	21,6	1,9	3 123 000	91,2
2009	22,1	0,3	3 134 560	98,6
2010	18,2	1,7	3 598 551	90,7
2011	25,2	1,4	2 796 919	94,4
2012	22,1	2,13	3 024 401	90,4



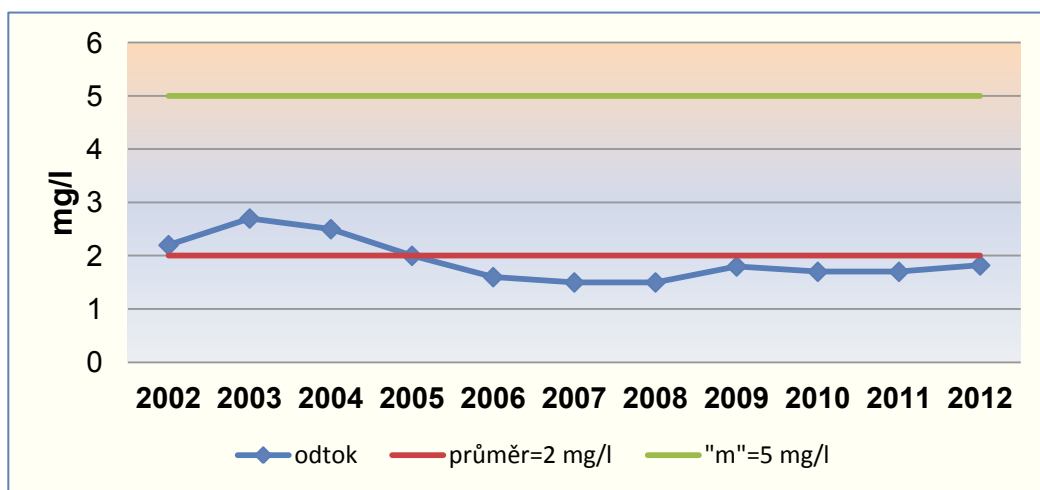
Obrázek 25 - vývoj znečištění v parametru N-NH_4^+



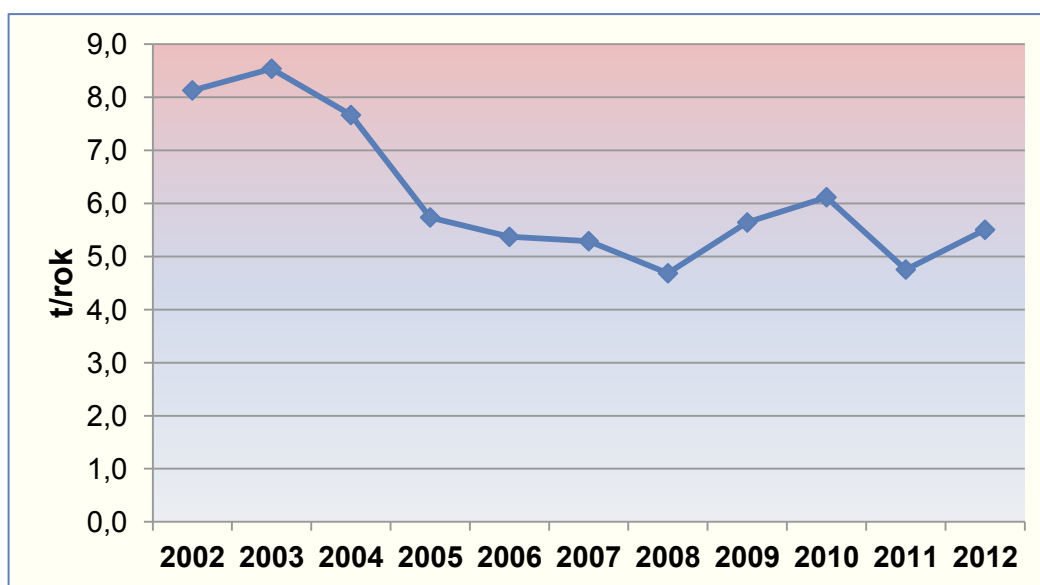
Obrázek 26 - Vývoj hmotnostního znečištění v parametru N-NH_4^+

Tabulka 13: Přehled sledovaných parametrů - P_{celk}

Rok	Přítok	Odtok	Průtok	Účinnost čištění
	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>m³/rok</i>	<i>%</i>
2002	7,1	2,2	3 695 690	69,0
2003	8,6	2,7	3 162 700	68,6
2004	8,9	2,5	3 066 820	71,9
2005	5,5	2,0	2 868 425	63,6
2006	5,5	1,6	3 357 030	70,9
2007	5,4	1,5	3 526 270	72,2
2008	5,5	1,5	3 123 000	72,7
2009	5,9	1,8	3 134 560	69,5
2010	5,3	1,7	3 598 551	67,9
2011	7,3	1,7	2 796 919	76,7
2012	7,8	1,8	3 024 401	76,7



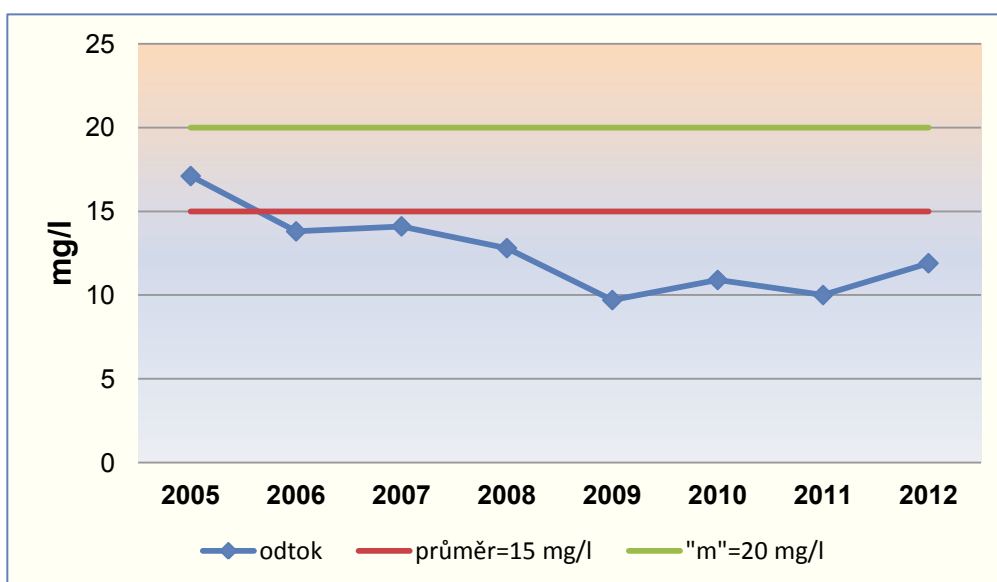
Obrázek 27 - Vývoj znečištění v parametru P_{celk} .



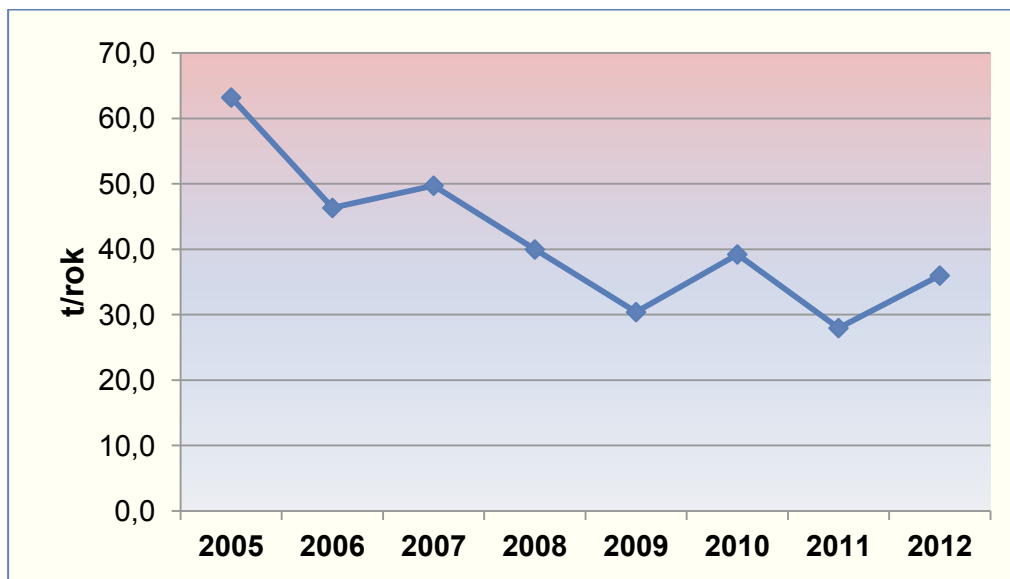
Obrázek 28 - Vývoj hmotnostního znečištění v parametru P_{celk}

Tabulka 14: Přehled sledovaných parametrů - N_{celk}

Rok	Přítok	Odtok	Průtok	Účinnost čištění
	mg/l	mg/l	m ³ /rok	%
2005	35,0	17,1	3 695 690	51,1
2006	29,5	13,8	3 357 030	53,2
2007	31,5	14,1	3 526 270	55,2
2008	35,3	12,8	3 123 000	63,7
2009	34,5	9,7	3 134 560	71,9
2010	28,8	10,9	3 598 551	62,2
2011	37,1	10,0	2 796 919	73,0
2012	36,9	11,9	3 024 401	67,8



Obrázek 29 - Vývoj znečištění v parametru N_{celk} .



Obrázek 30 - Vývoj hmotnostního znečištění v parametru N_{celk}

4.2 Vyhodnocení účinnosti čištění odpadních vod

Kontrola provozu a účinnosti čištění odpadních vod je jednou ze základních činností provozovatele čistírny. Ukládá mu je vodoprávní rozhodnutí a povolení jak ke zkušebnímu, tak k trvalému provozu. Legislativně kontrolu ukládá nařízení vlády, jež prvořadě sleduje kvalitu vyčištěné a vypouštěné vody do vodního recipientu. V návaznosti na provozní řád čistírny se stanovuje vlastní kontrola účinnosti čištění, která porovnává znečištění přitékající a vypouštěné vyčištěné vody. Účinnost čištění odpadních vod na ČOV Zubří byla pro jednotlivé parametry vypočtena podle vzorce:

$$E_{celk} = \frac{C_{přítok} - C_{odtok}}{C_{přítok}} \cdot 100 [\%]$$

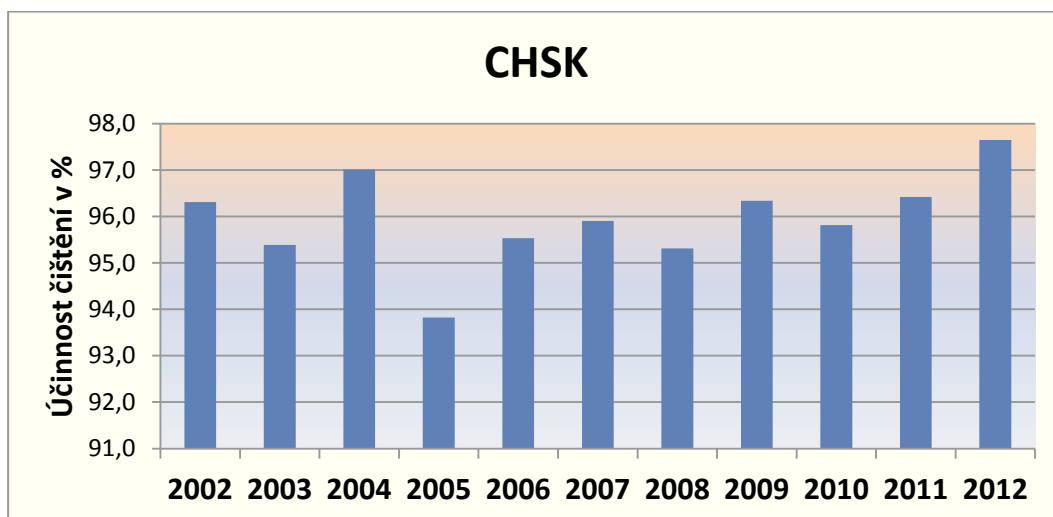
E_{celk} – celková účinnost ČOV

$C_{přítok}$ – koncentrace na přítoku

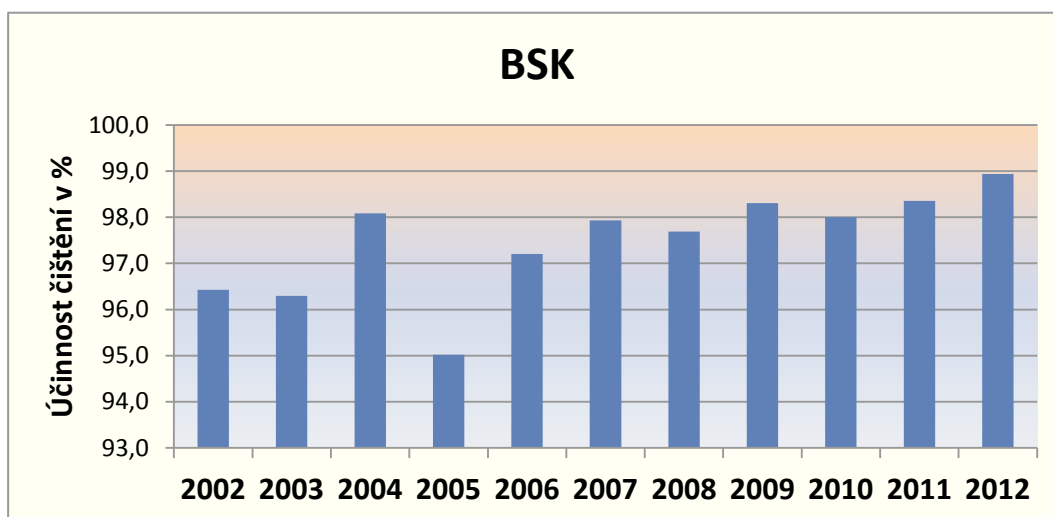
C_{odtok} – koncentrace na odtoku, nefiltrovaný vzorek

(Metodický pokyn oboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 229/2007 Sb.)

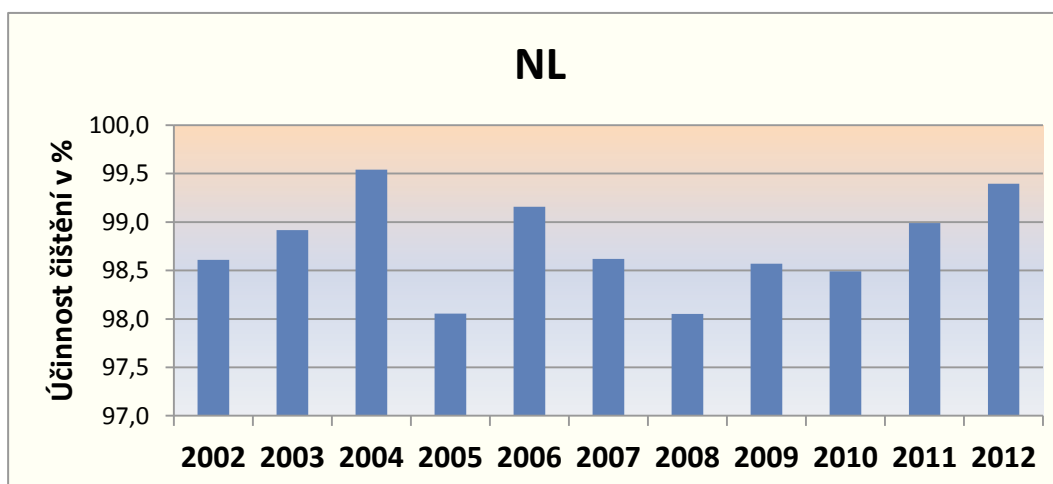
Na obrázcích č. 31 až č. 36 je zobrazeno vyhodnocení účinnosti čištění odpadních vod ve sledovaných parametrech za období let 2002 – 2012.



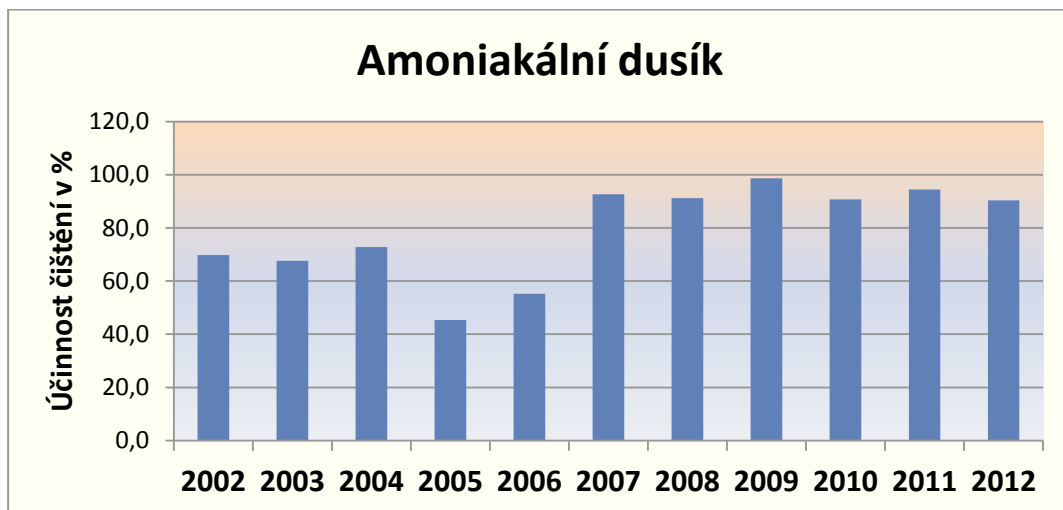
Obrázek 31 - Účinnost čištění parametru $CHSK_{cr}$



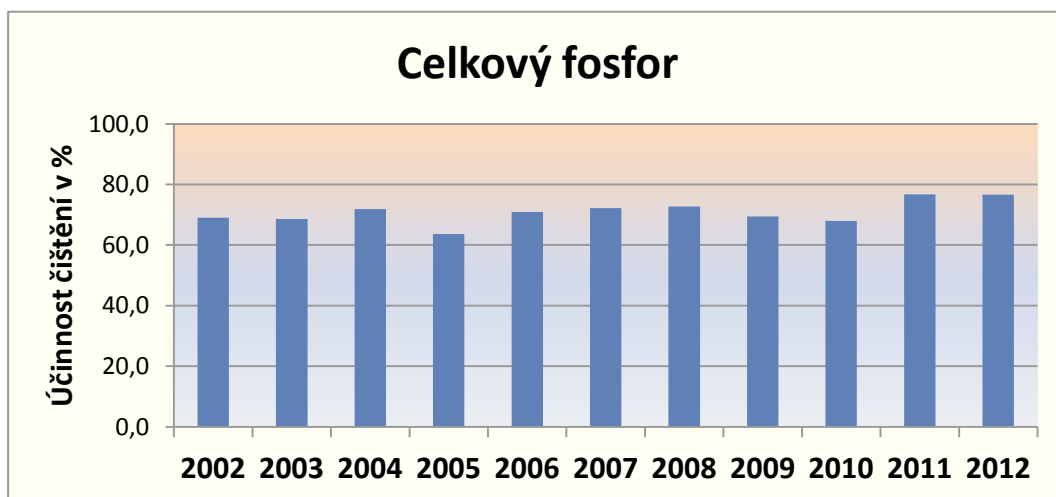
Obrázek 32 - Účinnost čištění parametru BSK_5



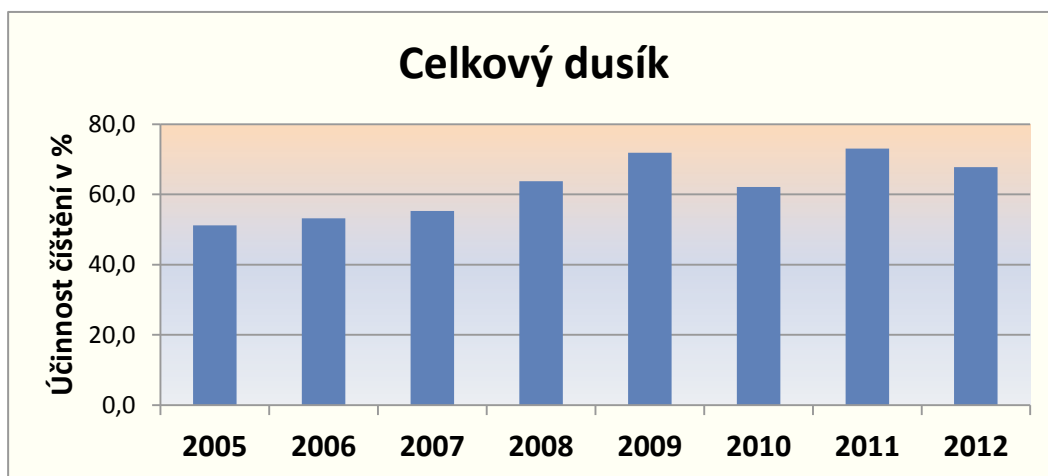
Obrázek 33 - Účinnost čištění parametru NL



Obrázek 34 - Účinnost čištění parametru N-NH_4^+



Obrázek 35 - Účinnost čištění parametru P_{celk}



Obrázek 36 - Účinnost čištění parametru N_{celk}

4.3 Vyhodnocení a diskuze

Tabulky č. 9 až č. 11 a obrázky č. 21, č. 23 a č. 25, které znázorňují koncentrační množství daného ukazatele, vypovídají o vysoké účinnosti biologicky rozložitelných látek, vyjádřených v ukazatelích CHSK_{cr} , BSK_5 a NL. Všechny tři ukazatele organického znečištění odpadních vod nepřesáhly na odtoku přípustné hodnoty „p“ stanovené vodoprávním úřadem. V rámci I. etapy intenzifikace ČOV Zubří v roce 1999 byla provedena rekonstrukce biologické linky. Byl instalován nový aerační systém včetně vybudování nové dmýchárny. Realizace I. etapy se projevila na výrazném zlepšení odtokových parametrů z ČOV. Po této intenzifikaci čistírny se míra odstranění organického znečištění pohybuje v rozmezí 95 - 98 %, což lze považovat za maximum možností této čistírenské linky.

Zhodnotím-li efektivitu čištění z bilančního hlediska s následkem snížení znečištění na odtoku do recipientu, tak v ukazateli CHSK_{cr} došlo mezi rokem 2002 a 2012 ke snížení znečištění z 92 t na 59 t, což je pokles o 36 %. V ukazateli BSK_5 došlo ke snížení znečištění z 32,9 t na 11,8 t, což je pokles o více než 64 %.

Fosfor a dusík, respektive účinnost odbourávání těchto nutrietů vzhledem k fyzickému a morálnímu stáří strojně technologického zařízení, byla do konce roku 2006 nízká. Z tabulky a grafu koncentračního množství ukazatele N-NH_4^+ lze zřetelně vyčíst, že se účinnost pohybovala nejprve kolem 68 % do zahájení II. etapy intenzifikace a modernizace biologického stupně čištění v rámci projektu ČISTÁ ŘEKA BEČVA, během této intenzifikace ještě poklesla na asi 47 % a po provedené intenzifikaci se účinnost znatelně zvýšila a dosáhla 92 až 95 %.

Ukazatel N_{celk} nebyl do roku 2005 limitován a tedy ani sledován. Následně pak musel splňovat limit dle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., které harmonizuje legislativu ČR s legislativními požadavky EU. Po provedené intenzifikaci je tento limit plněn, jak je zřejmé z tabulky č. 14 a obrázku č. 29.

Co se týče snížení bilančního znečištění u N-NH_4^+ ve sledovaném období let 2002 až 2012, jedná se o pokles z 15,5 t na 6,4 t, tedy o 58 %. Po poslední intenzifikaci zaměřené na snížení dusičnanů a amoniaku v roce 2006 se zvýšila i účinnost odstraňování celkového dusíku, která je nyní 70 - 73 %. To je ovšem

minimální účinnost čištění uvedená v NV č. 61/2003 Sb., které pro dusík stanovuje hodnotu účinnosti minimálně 70 %.

Účinnost odstraňování fosforu je do značné míry závislá na množství dávkování železité soli. V procesu odstraňování celkového fosforu z odpadní vody je výhodou manuální dávkování koagulantu pro snížení množství fosforu podle potřeby. Dávkování koagulantu je závislé mimo jiné na průtoku čištěné vody na čistírně. Příkladem je rok 2010, který byl výrazně ovlivněn častými dešti a průtok byl natolik vysoký, že v daném roce nebylo nutné koagulant dávkovat.

Z obrázku č. 35 je patrné, že se účinnost odstraňování celkového fosforu pohybuje kolem 76 – 77 %. Z bilančního hlediska byl u fosforu mezi roky 2002 a 2012 zaznamenán pokles z 8,1 t na 5,5 t. To reprezentuje snížení znečištění u tohoto nutrietu o 32 %.

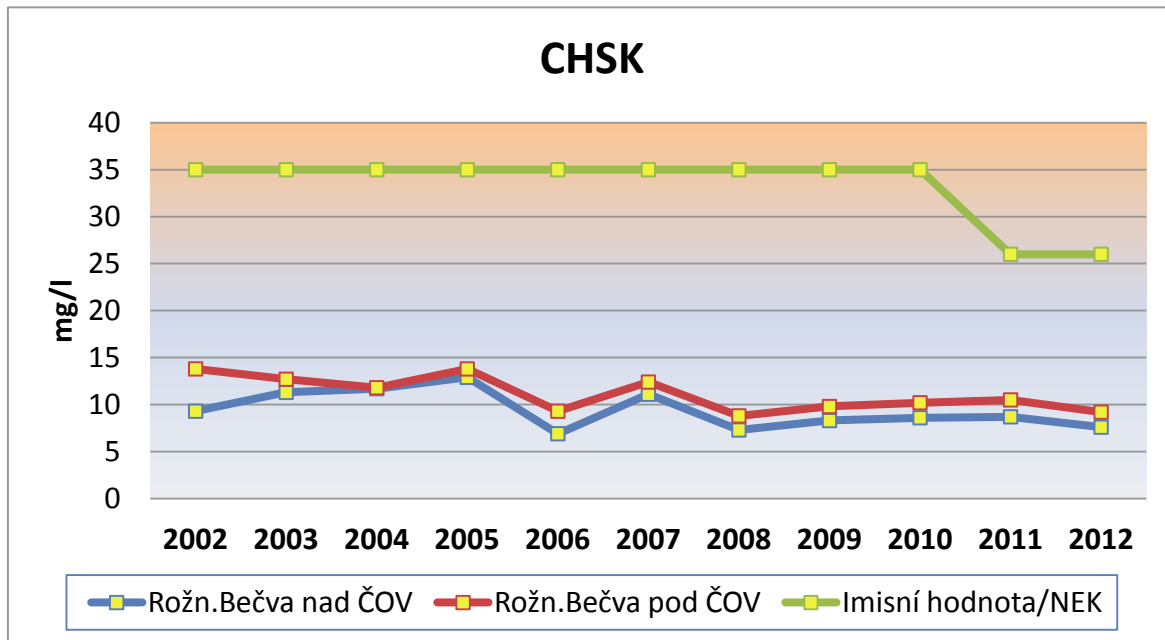
4.4 Vliv čištěných odpadních vod na recipient

Čistírny odpadních vod patří obecně k bodovým zdrojům znečištění povrchových vod. Vlivem znečištění se porušuje biologická rovnováha v recipientech a jejich samočisticí schopnost, přičemž celkový vliv závisí na množství a jakosti odpadních vod a na množství a jakosti vody v recipientu.

Ke sledování zatížení recipientu Rožnovská Bečva zbytkovými odpadními vodami jsou odebírány prosté vzorky přibližně 100 m nad odtokem z čistírny (v profilu 10,2 ř.km) a pod čistírnou (v profilu 8,3 ř.km v obci Střítež nad Bečvou). Vzorky jsou odebírány pouze 4x v roce, a proto mohou vykazovat jistou nepřesnost. V následujícím přehledu je znázorněno zatížení Rožnovské Bečvy vypouštěnými vodami z čistírny a porovnání s imisním standardem stanoveným vodoprávním úřadem pro období 2002 - 2010 a po změně legislativy normou environmentální kvality (NEK) pro období 2011 - 2012. Organické znečištění je charakterizováno ukazateli CHSK_{Cr} , BSK_5 , anorganické znečištění ukazateli N-NO_3 , N-NH_4^+ a P_{celk} .

Tabulka 15: Imisní charakteristika Rožnovské Bečvy v parametru CHSK_{cr} [mg/l]

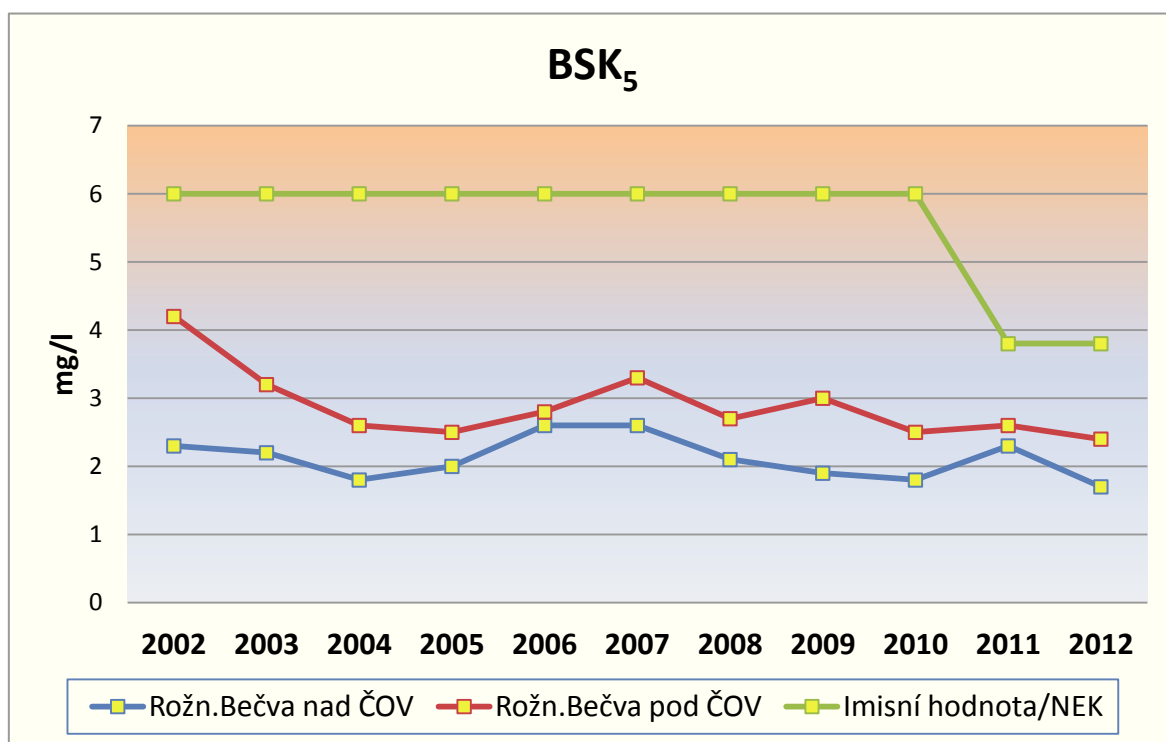
Rok	Rožn.Bečva nad ČOV	Rožn.Bečva pod ČOV	Imisní hodnota/NEK
	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>
2002	9,3	13,8	35
2003	11,3	12,7	35
2004	11,7	11,8	35
2005	12,9	13,8	35
2006	6,9	9,3	35
2007	11,1	12,4	35
2008	7,3	8,8	35
2009	8,3	9,8	35
2010	8,6	10,2	35
2011	8,7	10,5	26
2012	7,6	9,2	26



Obrázek 37 - Imisní zatížení recipientu v parametru CHSK_{cr}

Tabulka 16: Imisní charakteristika Rožnovské Bečvy v parametru BSK₅ [mg/l]

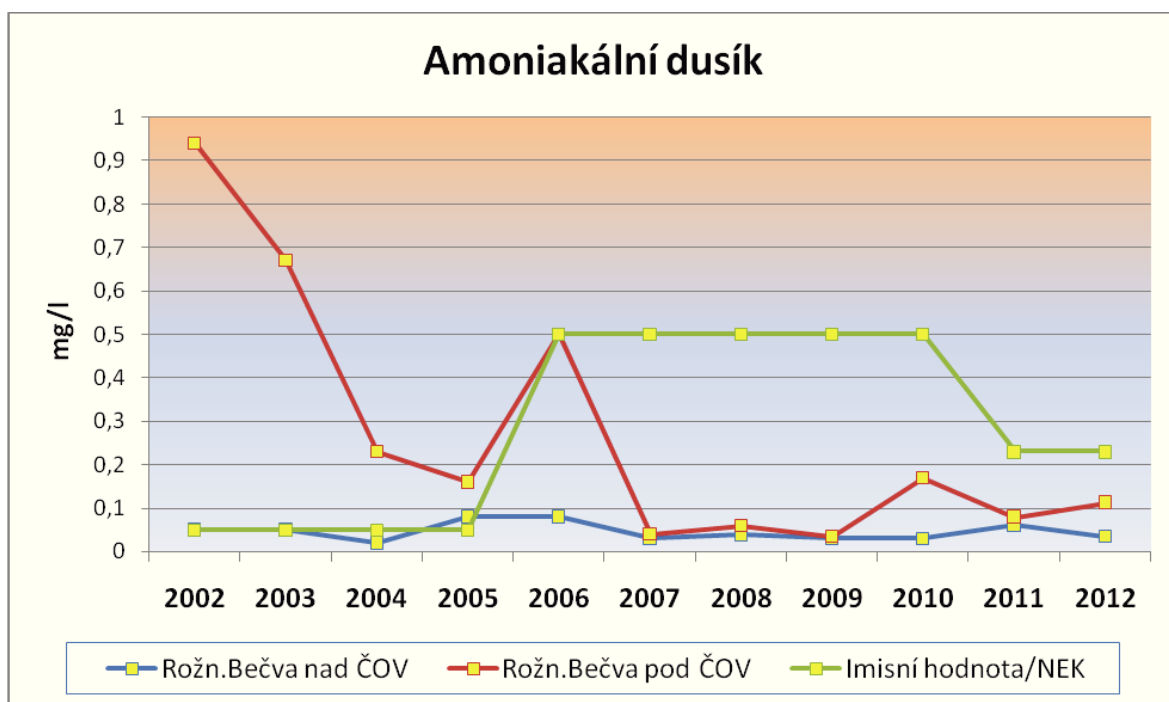
Rok	Rožn.Bečva nad ČOV	Rožn.Bečva pod ČOV	Imisní hodnota/NEK
	mg/l	mg/l	mg/l
2002	2,3	4,2	6
2003	2,2	3,2	6
2004	1,8	2,6	6
2005	2,0	2,5	6
2006	2,6	2,8	6
2007	2,6	3,3	6
2008	2,1	2,7	6
2009	1,9	3,0	6
2010	1,8	2,5	6
2011	2,3	2,6	3,8
2012	1,7	2,4	3,8



Obrázek 38 - Imisní zatížení recipientu v parametru BSK₅

Tabulka 17: Imisní charakteristika Rožnovské Bečvy v parametru N-NH_4^+ [mg/l]

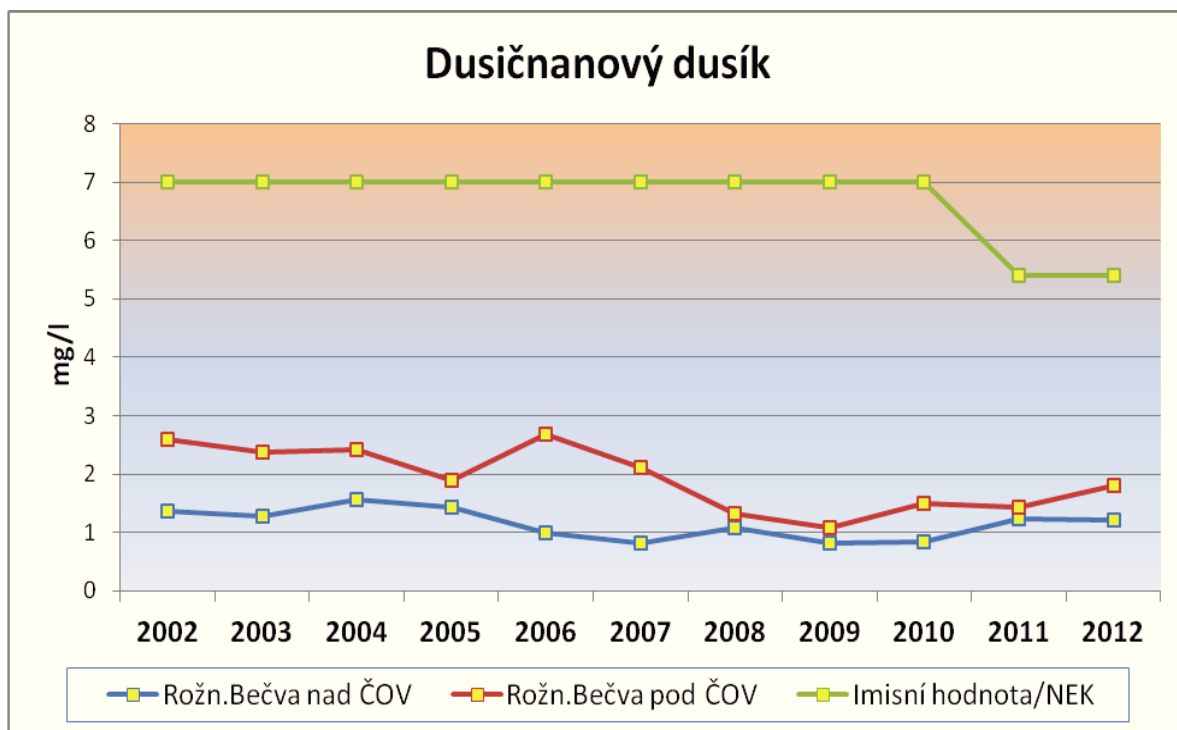
Rok	Rožn.Bečva nad ČOV	Rožn.Bečva pod ČOV	Imisní hodnota/NEK
	mg/l	mg/l	mg/l
2002	0,05	0,94	0,05
2003	0,05	0,67	0,05
2004	0,02	0,23	0,05
2005	0,08	0,16	0,05
2006	0,08	0,50	0,5
2007	0,03	0,04	0,5
2008	0,04	0,06	0,5
2009	0,032	0,035	0,5
2010	0,03	0,17	0,5
2011	0,06	0,08	0,23
2012	0,03	0,11	0,23



Obrázek 39 - Imisní zatížení recipientu v parametru NH_4^+

Tabulka 18: Imisní charakteristika Rožnovské Bečvy v parametru N-NO₃ [mg/l]

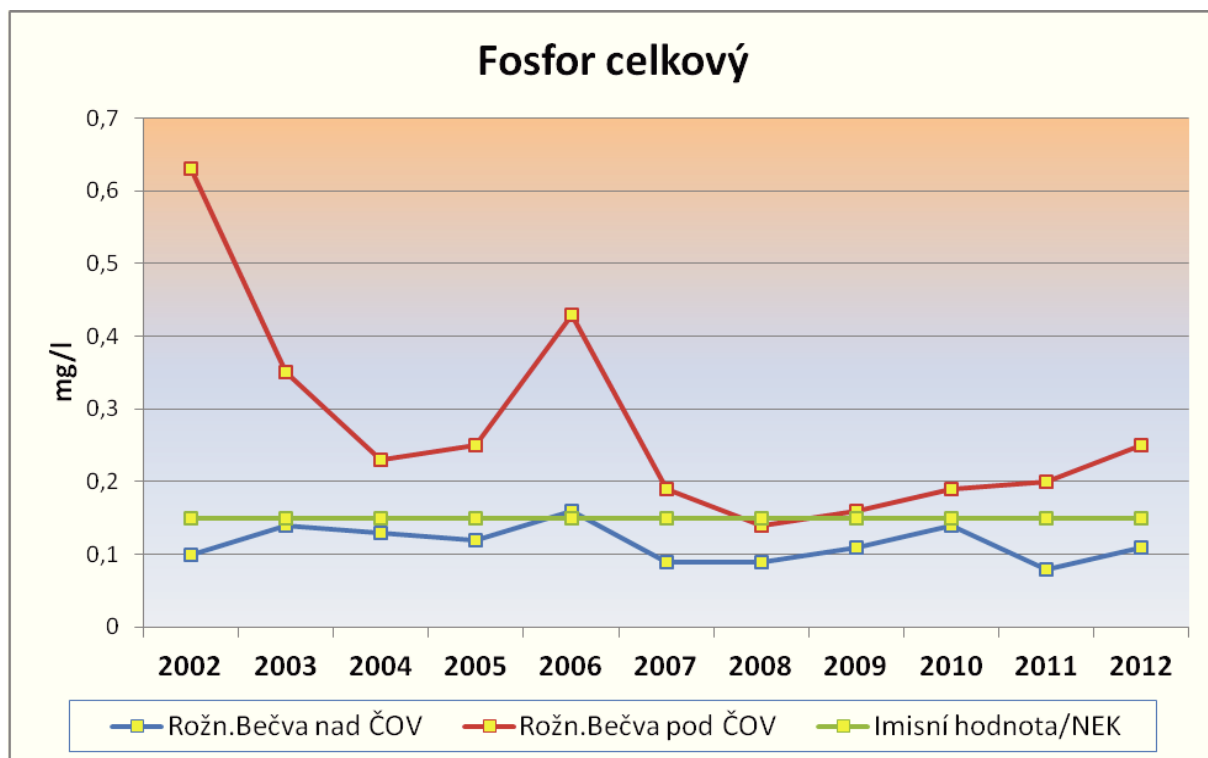
Rok	Rožn.Bečva nad ČOV	Rožn.Bečva pod ČOV	Imisní hodnota/NEK
	mg/l	mg/l	mg/l
2002	1,37	2,60	7
2003	1,27	2,37	7
2004	1,57	2,42	7
2005	1,43	1,90	7
2006	1,00	2,67	7
2007	0,82	2,10	7
2008	1,07	1,32	7
2009	0,82	1,07	7
2010	0,83	1,50	7
2011	1,22	1,42	5,4
2012	1,20	1,80	5,4



Obrázek 40 - Imisní zatížení recipientu v parametru N-NO₃

Tabulka 19: Imisní charakteristika Rožnovské Bečvy v parametru P_{celk} [mg/l]

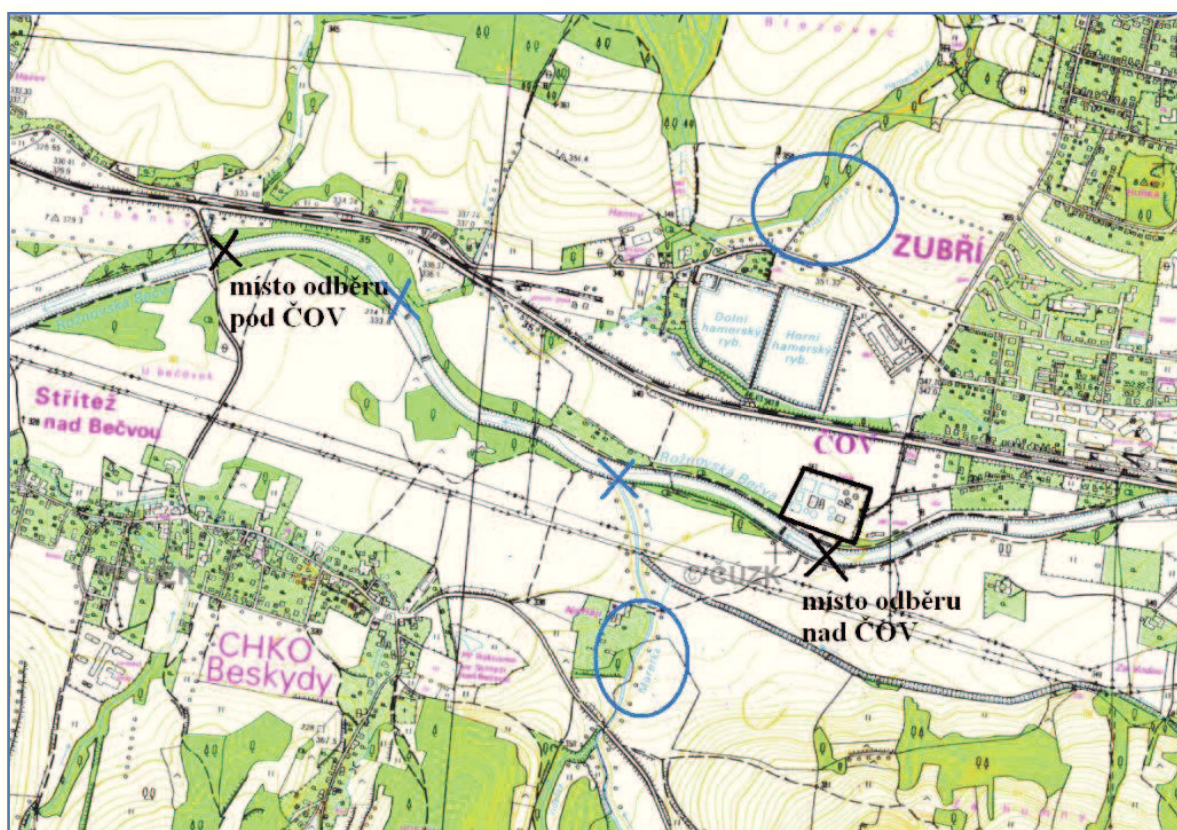
Rok	Rožn.Bečva nad ČOV	Rožn.Bečva pod ČOV	Imisní hodnota/NEK
	mg/l	mg/l	mg/l
2002	0,10	0,63	0,15
2003	0,14	0,35	0,15
2004	0,13	0,23	0,15
2005	0,12	0,25	0,15
2006	0,16	0,43	0,15
2007	0,09	0,19	0,15
2008	0,09	0,14	0,15
2009	0,11	0,16	0,15
2010	0,14	0,19	0,15
2011	0,08	0,20	0,15
2012	0,11	0,25	0,15



Obrázek 41 - Imisní zatížení recipientu v parametru P_{celk}.

Z hlediska organického znečištění toku jsou hodnoty ukazatelů $CHSK_{cr}$ a BSK_5 hluboko pod stanoveným imisním standardem. Poměr $CHSK/BSK > 2$ signalizuje přítomnost obtížně rozložitelných látek (PAU, některé pesticidy, tenzidy a jiné). Imisní standardy/NEK jsou součástí vodoprávního rozhodnutí, které je plně v souladu s NV č. 61/2003 Sb. Vodoprávní rozhodnutí je vydáváno na období jednoho i více let. V případě amoniakálního dusíku byla imisní hodnota stanovena na 0,05 mg/l v letech 2002 - 2005 a jak je vidět z obrázku č. 40, nesplňovala tuto hodnotu znečištění recipientu pod čistírnou. Po změně hodnoty na 0,5 mg/l pro období 2005 - 2010 a následné snížení na 0,23 mg/l pro rok 2011 a 2012 již plně vyhovuje předepsaným imisním hodnotám. U ukazatele dusičnanový dusík nebyla překročena imisní hodnota 7 mg/l resp. 5,4 mg/l ani v jednom případě za sledované období a je hluboko pod stanoveným limitem. V případě ukazatele celkový fosfor jsou patrné změny ve vývoji znečištění recipientu. Kromě roku 2008 je hodnota vždy vyšší než povoluje legislativa (0,15 mg/l). Obecně ovšem koncentrace fosforu v povrchových vodách za posledních deset let klesá. Pokles vnosu fosforu byl podpořen i omezením používání fosfátů v pracích prostředcích (od roku 2006) a v posledních třech letech vykazuje pokles i aplikace fosforečných hnojiv v zemědělství. Přesto je fosfor i nadále hlavním faktorem způsobujícím eutrofizaci. Další významnější snižování koncentrace fosforu v povrchových vodách je omezeno poměrně vysokými limity pro vypouštění odpadních vod a tím, že povinnost srážet fosfor mají až větší ČOV (Oppeltalová 2012; CENIA 2012).

Při kontrole odběrného místa vzorků pod čistírnou v obci Střítež nad Bečvou, které je vzdáleno zhruba 2 km od odběrného místa nad čistírnou, bylo zjištěno, že mezi těmito dvěma odběrnými místy se do recipientu vlévají dva potoky. Jedná se o Hamerský potok z města Zubří a Maretkový potok protékající obcí Vidče. Tyto drobné vodní toky mohou výrazně ovlivnit hodnoty sledovaných ukazatelů, především nutrietů, protože s sebou mohou nést nečištěné odpadní vody, splachy ze zemědělské půdy obsahující hnojiva apod.



Obrázek 42 – Rožnovská Bečva, odběrná místa (www.heis.vuv.cz)

5 Závěr

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V prvním oddíle teoretické části je stručná charakteristika a složení odpadních vod přitékajících na čistírnu včetně údajů o recipientu Rožnovská Bečva. Následuje oddíl, který popisuje technologii čištění odpadních vod v Zubří. Je zde popsána funkce jednotlivých stupňů čištění včetně popisu zařízení k tomu určeného. Jedná se o hrubé předčištění, mechanický stupeň, biologický stupeň včetně jednotlivých principů odstraňování nutrientů a stručný popis kalového a plynového hospodářství. Poté jsou stručně charakterizovány sledované ukazatele organického a anorganického znečištění. Teoretickou část uzavírá oddíl věnovaný legislativě EU a ČR vztahující se k problematice čištění odpadních vod.

Praktická část poskytuje ucelený přehled vývoje znečištění čištěných odpadních vod na odtoku z ČOV Zubří podle jednotlivých sledovaných ukazatelů. Vyhodnocení bylo provedeno z koncentračního i bilančního hlediska. Na základě rozborů odpadních vod na přítoku a odtoku byla vyhodnocena účinnost čištění odpadních vod – opět pro každý sledovaný ukazatel. Z přehledu účinnosti čištění vyplývá, že ČOV Zubří byla po II. intenzifikaci v roce 2006 vybavena nejlepší dostupnou technologií v procesu čištění odpadních vod a výsledky vzorků na odtoku do recipientu splňují všechny legislativní požadavky. Čistírna odpadních vod je bodovým zdrojem znečištění povrchových vod, a proto také bylo vyhodnoceno zatížení recipientu vypouštěnými čištěnými odpadními vodami. V návaznosti na zjištění, že mezi odběrnými místy nad a pod čistírnou mohou být odebírané vzorky z recipientu významně ovlivněny přitékajícími potoky, bylo by vhodné změnit odběrné místo pod ČOV Zubří. Maretkový potok se do Rožnovské Bečvy vlévá přibližně 500 metrů od odtokové výpusti z čistírny. Otázkou zůstává, zda úsek přibližně 500 m bude dostačující ke smísení odpadní vody s vodou v toku. Při směšování odpadní vody s vodou v toku závisí především na hydraulických charakteristikách vodního toku. Monitoring kvality vod ovšem nebyl předmětem této diplomové práce.

Seznam použité české literatury

- 1 BINDZAR, Jan. *Základy úpravy a čištění vod*. Praha: VŠCHT, 2009, 251 s. ISBN 978-80-7080-729-3.
- 2 CENIA, 2012. *JAKOST VODY V TOCÍCH – vyhodnocení indikátoru*. Dostupné z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1579>
- 3 DOHÁNYOS, Michal: *Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů*. *Biom.cz* [online]. 2006-05-09 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z [www: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu>](http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu). ISSN: 1801-2655.
- 4 DOHÁNYOS, Michal; KOLLER Jan; STRNADLOVÁ Nina. *Čištění odpadních vod*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 1998, 177 s. ISBN 80-708-0316-9.
- 5 HLAVÍNEK, Petr; ŘÍHA, Jaromír. *Jakost vody v povodí*. VUT v Brně. Brno, 2006.
- 6 HLAVÍNEK, Petr; HLAVÁČEK Jiří. *Čištění odpadních vod*. Brno: NOEL 2000, 1996. ISBN 80-86020-00-2.
- 7 HLAVÍNEK, P.; PRAX, P.; HLUŠTÍK P.; MIFEK R. *Stokování a čištění odpadních vod: čištění odpadní vod*. Brno, 2006.
- 8 HLAVÍNEK, Petr. *Intenzifikace čistíren odpadních vod*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1996, 235 s. ISBN 80-860-2001-0.
- 9 HORÁKOVÁ, Marta. *Analytika vody*. Praha: VŠCHT v Praze, 2003. ISBN 80-7080-520-X.
- 10 *Vodohospodářské mapy*:
dostupné z: <http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=isvschopav&>
- 11 CHUDOBA, Jan. *Odpadní vody a jejich čištění*. Praha: VŠCHT, 1991, 251 s. ISBN 80-85122-09-X.
- 12 KUČEROVÁ, R., FEČKO P.; LYČKOVÁ B. *Úprava a čištění vody*. Ostrava: vydala VŠB-TUO, 2011. ISBN 978-80-248-2389-8.
- 13 LANGHAMMER, Jakub. *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana*. Univerzita Karlova. Praha 2002.
- 14 LYČKOVÁ, B.; FEČKO, P.; KUČEROVÁ, R. *Zpracování kalů*. Ostrava: VŠB-TUO. 2009. 87 s. ISBN 978-80-248-1921-1.
- 15 MALÝ, Josef; MALÁ Jitka. *Chemie a technologie vody*. 2., dopl. vyd. Brno: Ardec, 2006, xii, 331 s. ISBN 80-860-2050-9.
- 16 *Metodický pokyn oboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 229/2007*
- 17 *Nařízení Vlády č. 61/2003 Sb.*

- 18 OPPELTOVÁ, P., VÍTEŽ T.; ŠEVČÍKOVÁ J. *Vliv účinnosti ČOV na kvalitu vody v recipientu*. Littera Scripta. 2012, 5(2), 261-273. ISSN 1802-503X.
- 19 PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 3. přepr. vyd. Praha: VŠCHT, 1999, 568 s. ISBN 80-708-0340-1.
- 20 PYTL, V. a kol. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*. SOVAK ČR, 2012. ISBN 978-80-87140-26-0.
- 21 ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J. *Aktivační systémy*. from *Encyklopedie hydrobiologie : výkladový slovník* [online]. Praha: VŠCHT Praha, 2007 [cit. 2013-01-14]. Available from www: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=A006>
- 22 Směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod, dostupné z: http://mzp.cz/cz/smernice_odpadni_vody
- 23 ŠTÍCHA, Václav a kol. *Odvádění a čištění odpadních vod ze sídlišť*. Praha: NTL, 1970. bez ISBN.
- 24 Vodní rámcová směrnice 2000/60/ES, dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:05:32000L0060:CS:PDF>
- 25 Vyhláška č. 123/2012 Sb.,
- 26 Vyhláška č. 428/2001 Sb., prováděcí vyhláška k zákonu č. 274/2001 Sb., dostupné z: <http://www.enviparagraf.cz/voda/>
- 27 Zákon č. 254/2001 Sb., zákon o vodách, dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&nr=254~2F2001&rpp=15#seznam>
- 28 Zákon č. 274/2001 Sb., zákon o vodovodech a kanalizacích, dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&nr=274~2F2001&rpp=15#seznam>

Seznam použité zahraniční literatury

- 1 BRATBY, John. *Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment* [online]. 2. ed. London: IWA Publ, 2006 [cit. 2013-02-28]. ISBN 18-433-9106-6.
- 2 HENZE, M. *Wastewater treatment: biological and chemical processes* [online]. 3rd ed. Berlin: Springer, 2002, 430 s. [cit. 2013-02-20]. ISBN 35-404-2228-5.
- 3 HENZE, M. a kol. *Biological wastewater treatment: principles, modelling and design* [online]. London: IWA Pub., 2008, 511 p. [cit. 2013-02-21]. ISBN 978-184-3391-883
- 4 KARIA, G. L.; CHRISTIAN, R. A. *Wastewater treatment: concepts and design approach* [online]. Eastern economy ed. New Delhi, 2006 [cit. 2013-02-20]. ISBN 81-203-2860-4.

- 5 Metcalf and Eddy Inc. (2003). *Wastewater engineering: treatment and reuse* [online]. a International ed., 4th ed. /. Boston: McGraw-Hill, 2003, 1819 s. [cit. 2013-02-26]. ISBN 00-711-2250-8.
- 6 *Nitrogen removal from wastewater: Nitrogen primer. The water planet company* [online]. 2013 [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: <http://www.thewaterplanetcompany.com/docs/10pdf/Nitrogen%20Primer.pdf>
- 7 PESCOD, M. B. *Wastewater treatment and use in agriculture* [online]. 1992 [cit. 2013-01-13]. ISBN 92-5-103135-5. Dostupné z: <http://www.fao.org/docrep/t0551e/t0551e05.htm>
- 8 PUNMIA, B. C.; JAIN A. *Wastewater Engineering*. 1998. ISBN 81-7008-091-6.
- 9 SEVIOUR, R.; NIELSEN P.H.. *Microbial ecology of activated sludge* [online]. [New ed.]. London: IWA Publishing, 2010, 667 p. [cit. 2013-02-20]. ISBN 18-433-9032-9.
- 10 SPERLING, Marcos. *Basic principles of wastewater treatment*. London:. IWA Publishing, 2007, x, 195 s. ISBN 978-1-8433-9162-3.
- 11 US EPA. *Biological Nutrient Removal: Processes and Costs* [online]. Wahington, DC, June 2007 [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: <http://www.nj.gov/dep/wms/bwqsa/EPA%20-Biologicl%20nutrient%20removal%20processes&costs.pdf>
- 12 WANG, L. K.; PEREIRA N. C.; HUNG Z. T. *Biological treatment processes* [online]. New York: Humana Press, 2009, xxii, 818 p. [cit. 2013-02-27]. Handbook of environmental engineering 2004, v. 8. ISBN 15-882-9163-4.
- 13 WIESMANN et al., *Fundamentals of biological wastewater treatment*. Hoboken, N.J.: Wiley-VCH, 2007, xxvii, 362 p. ISBN 35-273-1219-6.
- 14 VALSAMI – JONES E. *Phosphorus in environmental technologies: Principles and Applications*,. London: IWA Publishing, 2004. ISBN 18-433-9001-9.
- 15 VAN HAANDEL, A. a J. VAN DER LUBBE. *Handbook biological waste water treatment: design and optimisation of activated sludge systems* [online]. Leidschendam: Quist, 2007 [cit. 2013-02-27]. ISBN 978-907-7983-225.
- 16 VESILIND, P. A., *Wastewater treatment plant design*. London: IWA Pub, 2003. ISBN 18-4339-024-8.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Mapa spádové oblasti ČOV	2
Obrázek 2 - Vymezení CHOPAV	6
Obrázek 3 - Schéma ČOV Zubří	7
Obrázek 4, 5 - Přítok na čistírnu, Hrubé česle	8
Obrázek 6, 7 - Jemné česle, Lapák písku	10
Obrázek 8 - Radiální usazovací nádrž – popis	11
Obrázek 9, 10 - Dosazovací nádrže na ČOV Zubří	11
Obrázek 11,12 - Kryténky ve vložce AK, Nálevník rodu <i>Opercularia</i>	13
Obrázek 13, 14 - Pohled na aktivační nádrže	13
Obrázek 15 - Schéma s předřazenou denitrifikací a regenerací kalu	14
Obrázek 16 - Schéma aktivační linky	15
Obrázek 17, 18 - Dosazovací nádrže, detail	16
Obrázek 19 - Vývoj koncentrace znečištění v parametru $CHSK_{Cr}$	30
Obrázek 20 - Vývoj hmotnostního znečištění v parametru $CHSK_{Cr}$	30
Obrázek 21 - Vývoj koncentrace znečištění v parametru BSK_5	31
Obrázek 22 - Vývoj hmotnostního znečištění v parametru BSK_5	32
Obrázek 23 - Vývoj koncentrace znečištění na odtoku z ČOV v parametru NL	33
Obrázek 24 - Vývoj hmotnostního znečištění v parametru NL	33
Obrázek 25 - Vývoj znečištění v parametru $N-NH_4^+$	34
Obrázek 26 - Vývoj hmotnostního znečištění v parametru $N-NH_4^+$	35
Obrázek 27 - Vývoj znečištění v parametru P_{celk}	36
Obrázek 28 - Vývoj hmotnostního znečištění v parametru P_{celk}	36
Obrázek 29 - Vývoj znečištění v parametru N_{celk}	37
Obrázek 30 - Vývoj hmotnostního znečištění v parametru N_{celk}	38
Obrázek 31 - Účinnost čištění v parametru $CHSK_{Cr}$	39
Obrázek 32 - Účinnost čištění v parametru BSK_5	39
Obrázek 33 - Účinnost čištění v parametru NL	39
Obrázek 34 - Účinnost čištění v parametru $N-NH_4^+$	40
Obrázek 35 - Účinnost čištění v parametru P_{celk}	40
Obrázek 36 - Účinnost čištění v parametru N_{celk}	40
Obrázek 37 - Imisní zatížení recipientu v parametru $CHSK_{Cr}$	43
Obrázek 38 - Imisní zatížení recipientu v parametru BSK_5	44
Obrázek 39 - Imisní zatížení recipientu v parametru NH_4^+	45
Obrázek 40 - Imisní zatížení recipientu v parametru $N-NO_3$	46

Obrázek 41 - Imisní zatížení recipientu v parametru P_{celk} .	47
Obrázek 42 - Rožnovská Bečva, odběrná místa	48

Seznam tabulek

Tabulka 1: Orientační složení splaškové odpadní vody dle ČSN 75 6101 (upraveno)	4
Tabulka 2: Kategorie OV přitékajících na ČOV Zubří	5
Tabulka 3: Kvalita při Q_{355}	6
Tabulka 4: Souhrnné parametry aktivace	15
Tabulka 5: Produkce kalu na ČOV Zubří	17
Tabulka 6: Vybrané sledované ukazatele na ČOV Zubří	22
Tabulka 7: Porovnání emisních limitů a hodnot garantované projekt. pro ČOV Zubří	28
Tabulka 8: Porovnání četností odběrů vzorků	28
Tabulka 9: Přehled sledovaných parametrů v ukazateli $CHSK_{cr}$	29
Tabulka 10: Přehled sledovaných parametrů v ukazateli BSK_5	31
Tabulka 11: Přehled sledovaných parametrů v ukazateli NL	32
Tabulka 12: Přehled sledovaných parametrů v ukazateli $N-NH_4^+$	34
Tabulka 13: Přehled sledovaných parametrů v ukazateli P_{celk}	35
Tabulka 14: Přehled sledovaných parametrů v ukazateli N_{celk}	37
Tabulka 15: Imisní charakteristika Rožnovské Bečvy v parametru $CHSK_{cr}$ [mg/l]	43
Tabulka 16: Imisní charakteristika Rožnovské Bečvy v parametru BSK_5 [mg/l]	44
Tabulka 17: Imisní charakteristika Rožnovské Bečvy v parametru $N-NH_4^+$ [mg/l]	45
Tabulka 18: Imisní charakteristika Rožnovské Bečvy v parametru $N-NO_3$ [mg/l]	46
Tabulka 19: Imisní charakteristika Rožnovské Bečvy v parametru P_{celk} [mg/l]	47